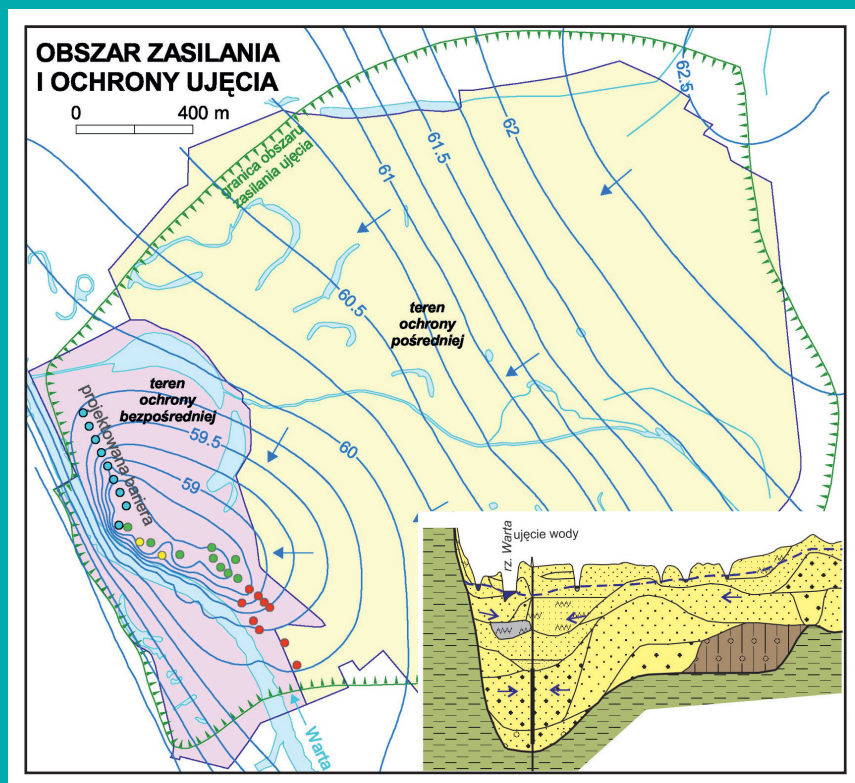


Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji ujęć wód podziemnych (studium metodyczne)

Stanisław Dąbrowski, Jan Przybytek



Stanisław Dąbrowski, Jan Przybyłek

**Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych
poprzez porównanie szacunków zasobowych
z wynikami długotrwałej eksploatacji
ujęć wód podziemnych
(studium metodyczne)**

Poznań 2012

Recenzent

Prof. dr hab. inż. Andrzej Szczepański
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Wykonane przez konsorcjum:



HYDROCONSULT Sp. z o.o.
Biuro Studiów Badań Hydrogeologicznych i Geofizycznych,
60-161 Poznań, ul. Smardzewska 15
lider konsorcjum



H2ONET Biuro Projektowo-Konsultingowe,
64-044 Poznań, ul. Łęczycka 17



„Aquator” Sp. z o.o.,
54-060 Wrocław, ul. Świeża 7



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

Wykonano na zamówienie Ministra Środowiska



Sfinansowano ze środków wypłaconych przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

© Copyright by Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2012

ISBN 978-83-62662-98-2

Bogucki Wydawnictwo Naukowe
Górna Wilda 90
61-576 Poznań
e-mail: bogucki@bogucki.com.pl
www.bogucki.com.pl

Druk i oprawa:
Edica SA
ul. Forteczna 3/5
61-362 Poznań

Autorzy:

dr Stanisław Dąbrowski

Hydroconsult Sp. z o.o. w Poznaniu – kierownik zespołu

prof. dr hab. Jan Przybyłek

Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM w Poznaniu – kierownik naukowy

Współpraca:

dr Józef Kryza

„Aquator” Sp. z o.o., Wrocław

dr Piotr Herbich

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

dr Dariusz Kasztelan

Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM w Poznaniu

dr Jan Prażak

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział
Świętokrzyski, Kielce

mgr Zbigniew Będkowski

Częstochowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne, Sp. z o.o., Częstochowa

mgr Marzena Boroń

MWiK sp. z o.o. w Bydgoszczy

mgr Maria Dąbrowska

Hydroconsult sp. z o.o. Poznań

mgr Andrzej Hercka

Poznań

mgr Anna Kędzierawska

P.G. POLGEOL S.A. Zakład w Lublinie

mgr Magdalena Matusiak

Hydroconsult sp. z o.o. Poznań

mgr Jacek Meszczyński

P.G. POLGEOL S.A. Zakład w Lublinie

mgr Mariusz Mikołajczyk

P.G. Proxima S.A. Oddział w Poznaniu

mgr Włodzimierz Pietruszka

P.G. POLGEOL S.A. Zakład w Lublinie

mgr inż. Maciej Przybyłek

H2ONET Biuro Projektowo-Konsultingowe w Poznaniu

mgr Witold Rynarzewski

Hydroconsult sp. z o.o. Poznań

mgr Maria Trzeciakowska

Hydroconsult sp. z o.o. Poznań

mgr Maria Wawrzyniak
MWiK Sp. z o.o. w Świnoujściu
mgr Joanna Zachaś-Janecka
Hydroconsult sp. z o.o. Poznań

Grafika komputerowa:

mgr Andrzej Pawlak
mgr Maria Dąbrowska
mgr Magdalena Matusiak
Hydroconsult sp. z o.o. Poznań
mgr inż. Maciej Przybyłek
H2ONET Poznań

Spis treści

Wstęp	7
1. Kryteria wyboru przykładów ujęć wód podziemnych i forma ich opisu . .	9
2. Systematyka zasobów zwykłych wód podziemnych i pojęcia związane . .	14
3. Przepisy prawne i procedury obowiązujące przy dokumentowaniu zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych	22
3.1. Przepisy prawne w latach 1960–1994	22
3.2. Przepisy prawne obowiązujące w latach 1994–2012	29
4. Rozwój metodyki obliczania i prognozowania zasobów wód podziemnych	33
5. Kwalifikacja hydrostrukturalna wybranych przykładów ujęć i ich odniesienie do regionalizacji słodkich wód podziemnych Polski (wg Kleczkowskiego, 1988 z późniejszymi zmianami)	46
6. Ujęcia wód podziemnych w prowincji hydrogeologicznej nizinnej	50
6.1. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i neogeńskich – subzbiornik pomorski w paśmie nadmorskim	50
6.1.1. Ujęcie Wydrzany dla Świnoujścia – <i>Maria Wawrzyniak</i>	50
6.1.2. Ujęcie Koszalin–Rzeczna dla aglomeracji koszalińsko-przymorskiej – <i>Jan Przybyłek</i>	64
6.2. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i neogeńskich (subniecka poznańska, subzbiornik pomorski) w paśmie pojeziornym	88
6.2.1. Ujęcie Bugno dla Szczecinka – <i>Jan Przybyłek</i>	88
6.2.2. Ujęcie Stara Łubianka–Dobrzyca dla Piły – <i>Stanisław Dąbrowski, Andrzej Hercka, Joanna Zachaś-Janecka</i> . .	106
6.2.3. Ujęcie Gruszczyń dla aglomeracji Poznania – <i>Stanisław Dąbrowski, Maria Trzeciakowska, Maria Dąbrowska</i> . .	123
6.2.4. Ujęcie Mosina–Krajkowo dla aglomeracji Poznania – <i>Jan Przybyłek, Dariusz Kasztelan</i>	141
6.2.5. Ujęcie Przywale dla Śremu – <i>Maria Trzeciakowska,</i> <i>Stanisław Dąbrowski</i>	166
6.2.6. Ujęcie Winiary II dla Gniezna – <i>Stanisław Dąbrowski,</i> <i>Maria Trzeciakowska, Maria Dąbrowska</i>	185

6.3. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w paśmie równinnym	200
6.3.1. Ujęcie Jurówce dla Białegostoku – <i>Jacek Meszczyński, Włodzimierz Pietruszka, Anna Kędzierawska</i>	200
6.3.2. Ujęcie Wtórek–Trąba–Kęszyce dla Ostrowa Wielkopolskiego – <i>Jan Przybyłek, Maciej Przybyłek</i>	218
6.3.3. Ujęcie Kalisz–Lis dla Kalisza – <i>Stanisław Dąbrowski, Magdalena Matusiak</i>	243
6.4. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w paśmie przedśudeckim	261
6.4.1. Ujęcie Rakowice dla Bolesławca – <i>Józef Kryza</i>	261
6.5. Ujęcia wód podziemnych z utworów mezozoicznych	278
6.5.1. Ujęcie Las Gdański dla Bydgoszczy – <i>Marzena Boroń, Stanisław Dąbrowski, Witold Rynarzewski</i>	278
7. Ujęcia wód podziemnych w prowincji hydrogeologicznej wyżynno-górskiej	307
7.1. Ujęcia wód podziemnych w jurajskim masywie kujawskim	307
7.1.1. Ujęcie wód podziemnych Graniczna dla Kutna – <i>Mariusz Mikołajczyk, Jan Przybyłek</i>	307
7.2. Ujęcia wód podziemnych w kredowej niecce lubelskiej	329
7.2.1. Ujęcie Borek (Strupin) w Chełmie – <i>Piotr Herbich</i>	329
7.3. Ujęcia wód podziemnych w masywie świętokrzyskim	351
7.3.1. Ujęcie Zagnańsk dla Kielc – <i>Jan Prażak</i>	351
7.4. Ujęcia wód podziemnych na części triasowej monokliny krakowsko-śląskiej	367
7.4.1. Ujęcie Kosice dla Strzelec Opolskich – <i>Józef Kryza</i>	367
7.4.2. Ujęcie Łabędy dla Gliwic – <i>Zbigniew Będkowski</i>	387
7.5. Ujęcia wód podziemnych w masywie sudeckim	405
7.5.1. Ujęcia Gorzeszów dla Wałbrzycha – <i>Józef Kryza</i>	405
7.5.2. Ujęcia drenażowe Brzezinka i Karpno oraz ujęcie infiltracyjne dla Łądko-Zdroju – <i>Józef Kryza</i>	428
8. Ocena trafności prognoz zasobowych analizowanych ujęć wód podziemnych	450
9. Podstawowe problemy dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w świetle przedstawionych prognoz obliczeniowych	454
10. Literatura źródłowa i uzupełniająca	456

WSTĘP

Celem studium metodycznego jest przedstawienie wybranych przykładów ujęć wód podziemnych o poborze co najmniej 5000 m³/d ($Q > 200 \text{ m}^3/\text{h}$), dla których przeprowadzono analizę porównawczą przebiegu ich długotrwałej eksploatacji z obliczeniami i prognozami zawartymi w dokumentacjach tych ujęć w odniesieniu ilościowym (zasoby eksploatacyjne i parametry je opisujące) oraz jakościowym (zmiany jakości wody surowej). W większości są to duże ujęcia komunalne pracujące często w warunkach wysokiej presji antropogenicznej lub geogenicznej. Przedsięwzięcie ma charakter metodyczny i dlatego w rozdziale 2 przedstawiono systematykę wód podziemnych i pojęcia związane. Zasoby eksploatacyjne dla większości dużych ujęć były określane w przewadze w latach 60., 70. i 80. XX w. wedle wówczas obowiązujących przepisów prawnych (rozdział 3), przy korektach dla części tych ujęć w latach późniejszych z uwzględnieniem wyników eksploatacji i nowych metod ocen ilościowych i jakościowych. Istotnie w tym czasie zmieniała się metodyka ustalania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych, w związku z czym w rozdziale 4 przedstawiono w zarysie rozwój metodyki ich obliczania i prognozowania. Spośród 32 wstępnie analizowanych ujęć z obszaru Polski wybrano ostatecznie 20 przykładów do umieszczenia w niniejszym studium. Wybrane przykłady terytorialnie odnoszą się do obszarów zasilania ujęć wód podziemnych, zlokalizowanych na terenie Polski w określonych typach jednostek hydrostrukturalnych i litostratygraficznych (rozdział 5). Do prezentacji przestrzennej przykładów wybrano mapę regionalizacji słodkich wód podziemnych Polski (Kleckowski, 1988 z późniejszymi zmianami – SH; Dowgiałło i in., 2002). Według zasad tego podziału usystematyzowano opisywane przykłady ujęć w dwóch rozdziałach: rozdział 6 – ujęcia wód podziemnych w prowincji hydrogeologicznej nizinnej, rozdział 7 – ujęcia wód podziemnych w prowincji hydrogeologicznej górsko-wyżynnej. Analizując obiekty o zróżnicowanej hydrostrukturze (rozdział 5, objaśnienia do mapy), wybrano do opisu: sześć ujęć w dolinach rzecznych, pięć ujęć porowych wód głębinnych, siedem ujęć w masywach skał porowo-szczelinowych, dwa ujęcia w pokrywach aluwialnych i zwietrzelinowych. W części końcowej przedstawiono oceny trafności prognoz zasobowych analizowanych ujęć (rozdział 8) oraz podstawowe problemy dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w świetle przedstawionych przykładów prognoz obliczeniowych (rozdział 9).

Opracowane studium nawiązuje w części do wydanego przez Wydawnictwa Geologiczne w 1974 r. zbliżonego tematycznie studium metodycznego pt.: „Problematyka dokumentowania zasobów wód podziemnych w dolinach rzecznych” (Pleczyński, Przybyłek, 1974), w którym przedstawiono doświadczenia z dokumentowania czterech dużych ujęć komunalnych: Roscięcino w dolinie Parsęty dla Kołobrzegu, Mostowo w Pradolinie Pomorskiej dla Koszalina, Lis w dolinie Prośny dla Kalisza oraz Konin w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej dla Konina wraz z opisem stosowanych wówczas metod badań i obliczeń hydrogeologicznych.

Intencją autorów jest, aby niniejsze studium zapisało się dobrze u przyszłych czytelników, szczególnie tych, którzy korzystają już z cyklu publikacji związanych z dokumentowaniem hydrogeologicznym, wydanych przez Ministerstwo Środowiska, a mianowicie:

- „Metodyki określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych” (2004),
- „Metodyki próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych” (2005),
- „Metodyki modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych” (2011).

Przedstawione studium metodyczne może stanowić dla praktyków cenny materiał porównawczy w stosunku do własnych doświadczeń w dziedzinie eksploatacji wód podziemnych dla zaopatrzenia w wodę do picia i na potrzeby gospodarcze, a dla studentów studiów magisterskich związanych z hydrogeologią i gospodarką wodną – kurs poszerzający wiedzę z zakresu hydrogeologii stosowanej.

Autorzy niniejszego studium składają podziękowania Recenzentowi – prof. dr. hab. inż. Andrzejowi Szczepańskiemu, którego cenne uwagi przyczyniły się do opracowania ostatecznej wersji publikacji.

Autorzy opisów poszczególnych przykładów ujęć wód podziemnych wyrażają serdeczne podziękowania operatorom – obecnym właścicielom tych ujęć za udostępnienie materiałów źródłowych, w tym w kilku przypadkach poprzez wyrażenie zgody na opracowanie prac magisterskich z zakresu hydrogeologii i eksploatacji opisywanych ujęć, co zacytowano w literaturze poszczególnych przykładów.

1. KRYTERIA WYBORU PRZYKŁADÓW UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH I FORMA ICH OPISU

Na etapie wstępnym opracowania studium przeprowadzono rozeznanie większej liczby potencjalnych przykładów (32), aby w ostateczności przyjąć listę końcową 20 spełniających kryteria podziału hydrostrukturalnego i obszarowego kraju, po wykluczeniu mniej interesujących.

Zgodnie z zaleceniami ustalono następujące kryteria wyboru przykładowych ujęć wód podziemnych:

- pobór wody z ujęcia powyżej 5000 m³/d;
- stwierdzenie wykorzystania w dokumentacji zasobowej następującej metodyki obliczeń zasobowych: modelowanie matematyczne (cyfrowe, analogowe), analitycznie opracowany bilans zasobów wód podziemnych w oparciu o równania dynamiki wód podziemnych (modelowanie analityczne), prognoza na podstawie próbnego pompowania zespołowego;
- wykonanie na etapie dokumentacji zasobowej pełnych analiz fizyczno-chemicznych i technologicznych nad uzdatnianiem wody surowej ze studni badawczych;
- posiadanie przez użytkownika poszerzonych analiz z okresu dotychczasowej eksploatacji;
- stwierdzenie wyznaczenia w dokumentacji innych podstawowych elementów wniosku zasobowego w postaci: depresji rejonowej, obszaru zasilania ujęcia, obszaru spływu wody do ujęcia, obszaru zasobowego w nawiązaniu do sporządzonej mapy hydrodynamicznej (hydroizohipsy, siatka hydrodynamiczna).

Ponadto dla zróżnicowania potencjalnych przykładów ustalono następujące kryteria hydrostrukturalne zbiorników dla wytypowania przykładów ujęć wód podziemnych:

1) zbiorniki czwartorzędowe

- pradoliny i współczesne doliny rzeczne (w tym poligenetyczne) z udziałem wód rzecznych w zasilaniu ujęć oraz tendencją do zmienności jakości wód uwarunkowaną czynnikami naturalnymi lub (i) antropogenicznymi,
- doliny kopalne (jednostki pasmowe) bez udziału w ich zasilaniu wód powierzchniowych,
- międzyglinowe kompleksy fluwiogłacjalne w obszarach wysoczyznowych,

2) subzbiorniki paleogeńsko-neogeńskie na Niżu Polskim

- pomorski, wielkopolski (poznański), mazowiecko-podlasko-mazurski,

3) zbiorniki i subzbiorniki mezozoiczne i starsze ukształtowane w masywach skał porowo-szczelinowych, szczelinowych i szczelinowo-krasowych

- jury krakowsko-częstochowskiej,
- triasu śląskiego,
- w regionie kutnowskim,
- w regionie mogileńsko-lódzkim,
- w regionie świętokrzyskim,
- w regionie lubelsko-radomskim.

Dla każdego z potencjalnych przykładów opracowano kartę informacyjną o ujęciu wód podziemnych. Karty informacyjne są złożone w Archiwum Wykonawcy (Lidera Konsorcjum). Przykład wypełnienia karty przedstawiono w tabeli 1.1.

Dla autorów poszczególnych 20 wybranych przykładów ujęć wód podziemnych przyjęto następujące wskazania dotyczące formy opisu oraz zagadnień, na które należy zwrócić uwagę przy ich charakterystyce:

1. Wstęp z podaniem położenia ujęcia wód podziemnych w odniesieniu administracyjnym (miejscowość, gmina, powiat, województwo), operatora (właściciela ujęcia), wielkości aktualnego poboru wody i jej przeznaczenia (odbiorcy), rodzaju ujętej warstwy wodonośnej (kompleksu wodonośnego) i wieku, danych o dokumentacji hydrogeologicznej zawierającej ustalenie zasobów eksploatacyjnych ujęcia, daty rozpoczęcia eksploatacji ujęcia.
2. Lokalizacja ujęcia i informacje podstawowe w odniesieniu przyrodniczym, w tym: położenie geograficzne, hydrograficzne i w nawiązaniu do podziałów hydrogeologicznych Polski.
3. Przedstawienie problematyki eksploatacyjnej i badawczej związanej z opisywanym ujęciem m.in. takich elementów, jak: typ ujęcia, składniki zasilania jego zasobów eksploatacyjnych, ich podatność na czynniki klimatyczne (susze) i hydrologiczne (infiltracja), zagrożenia dla ilości i jakości wód (presja antropogeniczna), niska odporność nadkładu ujętej warstwy wodonośnej na zanieczyszczenia z powierzchni terenu, zagrożenia geogeniczne, współdziałanie z innymi ujęciami, znaczące pogorszenie się jakości czerpanych wód, wzmożone oddziaływanie na ekosystemy zależne od wód podziemnych, kolmatacja i związana z tym zjawiskiem żywotność studni ujęciowych, przeprowadzone weryfikacje wielkości zasobów eksploatacyjnych, ustanowienie i funkcjonowanie strefy ochronnej, monitoring osłonowy ujęcia itp. Wskazanie podstawowych problemów, w ramach których przeprowadzono badania uzupełniające w stosunku do przyjętej pierwotnie dokumentacji zasobowej.
4. Historia badań hydrogeologicznych: etapy badań, budowy i eksploatacji ujęcia, zakres zrealizowanych prac z przywołaniem źródłowych dokumentacji i mapy sytuacyjno-hydrogeologicznej.
5. Zarys budowy geologicznej i warunki hydrogeologiczne: przedstawienie układu hydrostrukturalnego w opisie i na syntetycznych przekrojach, w tym przekrój z warunkami zasilania i ewentualnie oddziaływania ujęcia.
6. Opis ujęcia – w tym: jego infrastruktury, konstrukcji studni wierconych i ich rozmieszczenia, otworów badawczo-obsługowych i zakresu prowadzonego monitoringu stanów zwierciadła wody i jej jakości.
7. Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia i składników jego zasilania (wydajność, depresja rejonowa i w studniach, zasięg leja depresji, ob-

szar zasilania, obszar zasobowy) oraz zakresu ich weryfikacji w trakcie eksploatacji ujęcia na podstawie sporządzonych dokumentacji hydrogeologicznych.

Tabela 1.1. Karta informacyjna ujęcia wód podziemnych Bugno w Szczecinku typowanego do studium metodycznego pt.: „Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji ujęć wód podziemnych”

Nazwa ujęcia i aktualny pobór wody (lub/i maksymalny w historii)	Ujęcie komunalne przy ul. Bugno w Szczecinku aktualny pobór wody: 235 m ³ /h [śr. roczny] maksymalny pobór: w latach 1990–1992 od 460 do 470 m ³ /h [śr. roczny]
Operator – aktualny użytkownik:	Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji ul. Cieślaka 6a, 78-400 Szczecinek
Lokalizacja administracyjna:	miasto Szczecinek
Województwo:	zachodniopomorskie
Powiat:	Szczecinek
Gmina:	Szczecinek
Jednostka geograficzna:	Makroregion: Pojezierze Zachodniopomorskie Mezoregion: Pojezierze Drawskie
Data sporządzenia dokumentacji:	1970 rok
Wielkość udokumentowanych zasobów:	$Q_c = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s_{rej} = 9,0 \text{ m}$ oraz depresji w studniach od 15 do 23 m; decyzja: KDH/013/3208/W/71 z dnia 7.05.1971 r.
Firma dokumentująca:	Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu, ul. Stary Rynek 81
Dokumentatorzy:	Arkadiusz Żarowski, Zenon Balanicki
Wiek ujętych utworów:	plejstocen oraz neogen (miocen)
Typ zbiornika wód podziemnych:	porowy, fragment GZWP nr 126, zbiornik międzymorenowy (plejstocen) i mioceński
Orientacyjna wielkość obszaru zasobowego:	w promieniu około 6 km od ujęcia

Zarys historii badań hydrogeologicznych (etapy dokumentowania) na ujęciu Bugno: badania hydrogeologiczne rozpoczęto pracami poszukiwawczymi w latach 1966–1967, w latach 1968–1969 wykonano następne otwory badawczo-obszernicze oraz 5 otworów rozpoznawczych (od I do V), pompowania hydrowęzłowe, pompowanie zespołowe, analogowe badania modelowe. W 1970 r. sporządzono dokumentację eksploatacyjnych zasobów wód podziemnych; w latach 1987–1988 dowieziono trzy dalsze studnie (od VI do VIII). Eksploatację ujęcia rozpoczęto w 1973 r., włączając studnie nr I i II, w 1976 r. – studnie III i IV, a dopiero od 1991 r. – studnie od V do VIII – po wybudowaniu nowej stacji uzdatniania na ujęciu wody. W 1999 r. wykonano aneks do dokumentacji zasobowej z 1970 r. dla potrzeb określenia strefy ochronnej ujęcia (Chomicki, 1999) wraz z modelem numerycznym z biblioteki HYDRILIB (Trzeciakowska, Pawlak, 1999). Analizę hydrogeologicznych warunków eksploatacji przeprowadzono w dwóch pracach magisterskich wykonanych pod kierunkiem prof. J. Przybyłki (UAM): Makowska, 2004: „Warunki hydrogeologiczne eksploatacji wód podziemnych w rejonie Szczecinka ze szczególnym uwzględnieniem ujęcia miejskiego Bugno”, M. Świtła, 2010: „Studium hydrogeologiczne eksploatacji ujęcia wód podziemnych Bugno w Szczecinku w latach 2005–2009”

Problematyka badawcza związana z udokumentowanym ujęciem oraz warunkami jego zasilania	Próbné pompowania hydrowęzłowe, jako jedno z pierwszych w Polsce interpretowane przy ruchu nieustalonym, badania i prognozy modelowe. Analiza systemu krążenia wód podziemnych i warunków zasilania ujęcia (wody dalekiego krążenia, przesiąkanie z nadległych poziomów; wielowarstwowy system wodonośny, bliskość jeziora Wielimie)
Metodyka obliczeń zasobowych	Analiza parametryczna pompowań hydrowęzłowych przy nieustalonej filtracji, pompowanie zespołowe jako element prognozy analitycznej i tarowania modelu analogowego
a) modelowanie matematyczne analogowe	1969 – metoda AEHD (PH Poznań)
cyfrowe	1999 – programy SWW2 i DRSW z biblioteki HYDRYLIB dla wyznaczenia strefy ochronnej i czasu migracji
b) obliczenia analityczne	Parametry warstwy wodonośnej wg wzorów filtracji nieustalonej Theisa, Theisa-Jacoba
c) próbné pompowanie zespołowe jedno-miesięczne	Jako podstawa do prognozy analitycznej oraz tarowania modelu analogowego
Stan zebranych informacji o przebiegu eksploatacji ujęcia (pobór wody, hydrodynamika w obszarze zasobowym i zasilania, jakość wody surowej na ujęciu i w obszarze filtracji	Zgromadzono wszystkie dostępne dane w postaci: wypisów z dokumentacji zasobowej (1970, 1999) i innych opracowanych do tej dokumentacji aneksów, archiwum: prace magisterskie, 2004 i 2009, dane archiwalne usystematyzowane w toku opracowywania prac magisterskich, bank Hydro
Dostępność do materiałów źródłowych	Wystarczająca jw.

8. Charakterystyka poboru wody i jej jakości w odniesieniu czasowym w miarę możliwości od początku istnienia ujęcia (pobór średni miesięczny w m^3/h lub m^3/d , pobór roczny), zakres zmienności poboru, jakość wody surowej podawanej do stacji uzdatniania, w miarę możliwości również z wybranych studni w aspekcie przestrzenno-czasowym w odniesieniu do stanów pierwotnych z okresu sporządzania dokumentacji zasobowej i do warunków przepływu wód podziemnych w obrębie leja depresji przy eksploatacji ujęcia.
9. Oddziaływanie ujęcia na otoczenie – charakterystyka hydrodynamiczna warunków eksploatacji ujęcia: depresje w studniach, depresja rejonowa, kształt i zasięg leja depresji – mapa hydroizohips dla stanu maksymalnego oddziaływania; ocena zakresu zmienności dynamicznego zwierciadła wody.
10. Określenie zmian jakości wód w trakcie eksploatacji ujęcia wraz z analizą czynników kształtujących zakres i kierunki tych zmian w układzie czasowo-przestrzennym.
11. Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia (pobór, depresja zwierciadła wody, jakość wody surowej) w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków ich poboru.
12. Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych.

Po każdym przykładzie przedstawiono zakres piśmiennictwa związany z danym ujęciem wód podziemnych i metodyką obliczania jego zasobów eksploatacyjnych oraz opracowań specjalistycznych. Wskazano, aby przy opisie zachować zgodność stosowanych pojęć według „Słownika hydrogeologicznego” (Dowgiałło i in., 2002) i poradnika „Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych” (2004).

2. SYSTEMATYKA ZASOBÓW ZWYKŁYCH WÓD PODZIEMNYCH I POJĘCIA ZWIĄZANE

Zasoby wód podziemnych (Dowgiałło i in., 2002) to ilość tych wód traktowana jako surowiec, wyrażana najczęściej w jednostkach objętościowych na jednostkę czasu, zawarta w zbiorniku wód podziemnych, zlewni wód podziemnych lub innej jednostce hydrogeologicznej. Stosowane podziały zasobów wód podziemnych wynikają z warunków ich powstawania i występowania (zasoby naturalne, zasoby sztuczne), ich dynamiki (zasoby dynamiczne, zasoby statyczne) oraz od rodzaju i zakresu ich rozpoznania (zasoby dyspozycyjne, zasoby eksploatacyjne). O wielkości zasobów decydują: rozmiary zbiornika wód podziemnych (rozprzestrzenienie i miąższość), jego położenie względem utworów otaczających, parametry hydrogeologiczne utworów wodonośnych oraz warunki zasilania zbiornika.

Dla zachowania identyczności stosowanych pojęć przyjęto w niniejszym studium metodycznym definicje przytoczone już uprzednio w poradniku metodycznym pt.: „Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych” (Dąbrowski i in., 2004; kier. nauk. A. Szczepański) w nawiązaniu do pojęć prawnych występujących w ustawie – Prawo geologiczne i górnicze z dnia 4 lutego 1994 r. i nowej z dnia 9 czerwca 2011 r. w brzmieniu podanym w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 3 października 2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. nr 201, poz. 1673), i w znowelizowanym rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. nr 291, poz. 1714) oraz z uwzględnieniem systematyki przyrodniczej. Dla wzajemnej czytelności stosowanych pojęć i ich definicji na rysunku 2.1 przedstawiono podstawową klasyfikację zasobów wód podziemnych, odnosząc ją przede wszystkim do uwypuklenia pozycji zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w przedstawianym schemacie.

W rozporządzeniach Ministra Środowiska pod pojęciem „zasoby eksploatacyjne” rozumie się ilość wód podziemnych możliwą do pobrania z ujęcia w danych warunkach hydrogeologicznych i techniczno-ekonomicznych z uwzględnieniem zapotrzebowania na wodę i przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska.

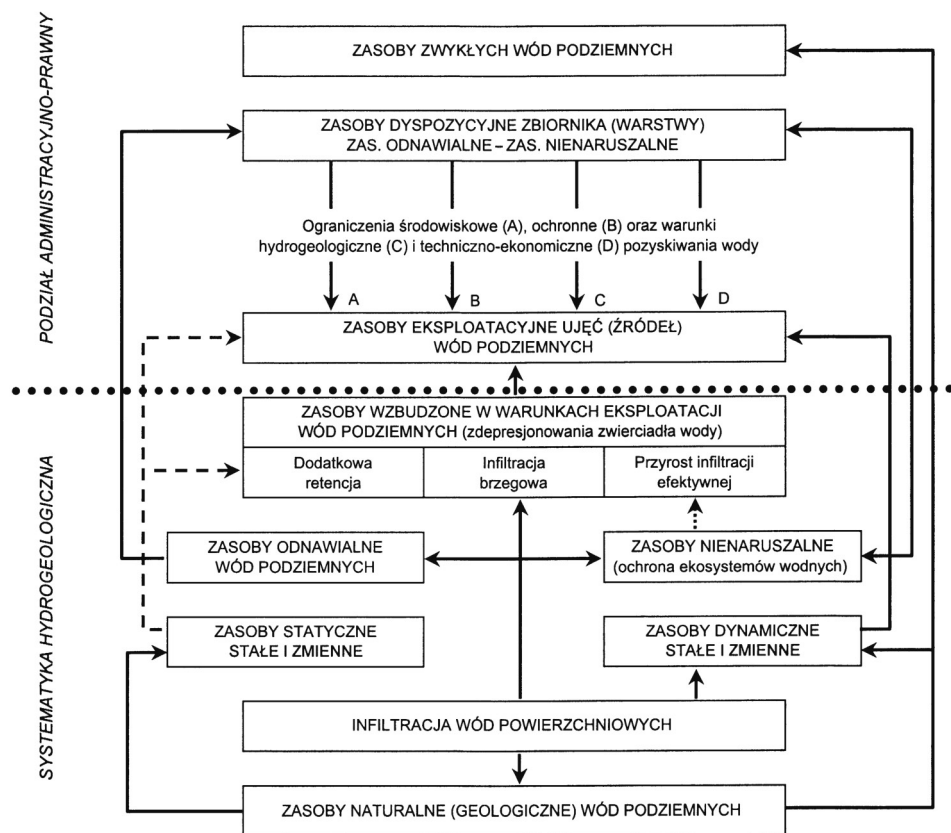
Treść podanego schematu (rys. 2.1) ujawnia podstawowe problemy w dokumentowaniu zasobów eksploatacyjnych, a mianowicie:

- konieczność rozpoznania dyspozycyjności (dostępności) zasobów wód podziemnych w danym obszarze bilansowym,
- celowość określenia udziału zasobów wzbudzonych w zasilaniu ujęcia w warunkach antropopresji hydrodynamicznej, wywołanej powstaniem leja depresji (proste lub złożone warunki zasilania ujęcia),

- nieodzowność uwzględnienia współdziałania pojedynczych ujęć przy ich koncentracji na obszarach zurbanizowanych,
- trudności w wyznaczaniu obszarów zasobowych ujęć w szczególności przy ich wzajemnym oddziaływaniu,
- konieczność i wiarygodność prognozowania wpływu eksploatacji dużych ujęć na warunki krążenia i jakość wód podziemnych,
- zagadnienia ochrony ilościowej i jakościowej zasobów,
- potrzebę zakładania monitoringów osłonowych i technologicznych wokół ujęć wód podziemnych; pod tym ostatnim pojęciem rozumie się badania jakości wody w podstawowych strumieniach napływających do studni ujęciowych.

Wedle definicji podanej w cytowanym już rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 3 października 2005 r. zasoby dyspozycyjne to ilość wód podziemnych możliwa do pobrania z obszaru bilansowego w określonych warunkach środowiska i hydrogeologicznych, bez wskazywania szczegółowej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujmowania wód.

Z odniesienia do pojęcia systemu wodonośnego (Szymanko, 1980), zdefiniowanego jako zespół poziomów wodonośnych znajdujących się w kontakcie hydrau-



Rys. 2.1. Użytkowa klasyfikacja zasobów zwykłych wód podziemnych

licznym (w systemie krążenia wód podziemnych) można przyjąć, że zasoby dyspozycyjne wód podziemnych to część wiarygodnie rozpoznanego zasilania podziemnego rzek i zasobów zmagazynowanych (statycznych i sprężystych) w warstwach wodonośnych na danym obszarze bilansowym. Określa się te zasoby w oparciu o obliczenia bilansowe z zastosowaniem regionalnych modeli numerycznych do badania bilansu wód podziemnych lub metod hydrologicznych w układach zlewniowych. Odnawialność przeważającej części zasobów dyspozycyjnych wymaga przy planowaniu eksploatacji tych zasobów zachowania warunków niezbędnych do ilościowej i jakościowej ich ochrony w oparciu o zasadę trwałego użytkowania oraz racjonalnego i całościowego traktowania zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (Ustawa – Prawo wodne, 2001).

Pojęcie nienaruszalnych zasobów wód podziemnych ma swoje umocowanie zarówno w powiązaniu z definicją przepływu nienaruszalnego rzeki Q_n (Ozga-Zielińska, Brzeziński, 1997), jak i ochroną ekosystemów wodnych i terenów podmokłych silnie uzależnionych od stanów wód podziemnych na obszarach objętych już ochroną prawną (Natura 2000, parki narodowe, rezerваты, parki krajobrazowe, użytki ekologiczne) oraz innych, których ochrona wynika ze studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin. Kostrzewa (1977) przepływem nienaruszalnym Q_n ciekłu nazywa graniczną wartość przepływu rzeczniczego, poniżej której przepływy wody w rzekach nie powinny być zmniejszane na skutek działalności gospodarczej. Przepływ nienaruszalny ustalany jest w poszczególnych przekrojach poprzecznych rzeki, ze względu na potrzeby ochrony środowiska przyrodniczego i życia biologicznego w wodzie oraz wymagania społeczne związane z rekreacją i wypoczynkiem.

Pojęcie zasobów nienaruszalnych wiąże się głównie w zakresie ilościowym z ograniczeniem wykorzystania wód podziemnych, wynikającym z dopuszczalnego stopnia przekształcenia układu hydrodynamicznego – zdepresjonowania zwierciadła wód podziemnych, i zmianami w obiegu wody (Paczyński i in., 1996), a w sensie jakościowym – rezygnacją z oddziaływania na obszary o geogenicznie uwarunkowanej złej jakości wody lub na obszary zagrożone pogarszaniem jakości w przypadku wzbudzenia procesów przemian geochemicznych wskutek zmian reżimu hydrodynamicznego.

Procedura określania zasobów dyspozycyjnych w zbiornikach wód podziemnych (obszarach bilansowych) wiąże się więc z koniecznością sporządzenia bilansu wodnego, w którym określa się zasoby odnawialne wód podziemnych w warunkach zbliżonych do naturalnych (Pleczyński, 1981), oraz wskazania w zakresie użytkowania tych wód w związku z potrzebą zachowania przepływu nienaruszalnego w ciekach i pozostawienia w stanie nienaruszonym ekosystemów zależnych od wód podziemnych. W tym rozumieniu jako zasoby odnawialne należy przyjmować przede wszystkim ilości wód pochodzących z opadów atmosferycznych i zasilające systemy wód podziemnych (Paczyński i in., 1996).

Przepisy zawarte w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 3 października 2005 r. stanowiły, że zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego ustalone w dokumentacji hydrogeologicznej służą:

- ocenie stopnia zagospodarowania zasobów wód podziemnych i wielkości dostępnych rezerw zasobowych, deficytu zasobów wodnych w obszarze bilansowym, w tym w regionie wodnym lub w zlewni;
- rozpoznaniu terenów perspektywicznych do budowy ujęć wód podziemnych;
- bilansowaniu i weryfikacji zasobów w rejonach o intensywnej, skupionej eksploatacji wód podziemnych;
- wykonaniu bilansu wodno-gospodarczego dla ustalenia warunków korzystania z wód regionu wodnego lub zlewni.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. (Dz.U. nr 291, poz. 1714) ustalenie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych jeszcze wyraźniej związane z warunkiem niepogarszania się stanu chemicznego wód podziemnych oraz wskazano niedopuszczalność powstania znaczących szkód w ekosystemach zależnych od tych wód.

Tak więc procedura prawna silnie wiąże ze sobą oba pojęcia: zasoby dyspozycyjne obszaru bilansowego i zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych, położonych w granicach danego obszaru bilansowego, co odzwierciedlono wzajemną pozycją obu tych pojęć w podanym schemacie klasyfikacyjnym (rys. 2.1).

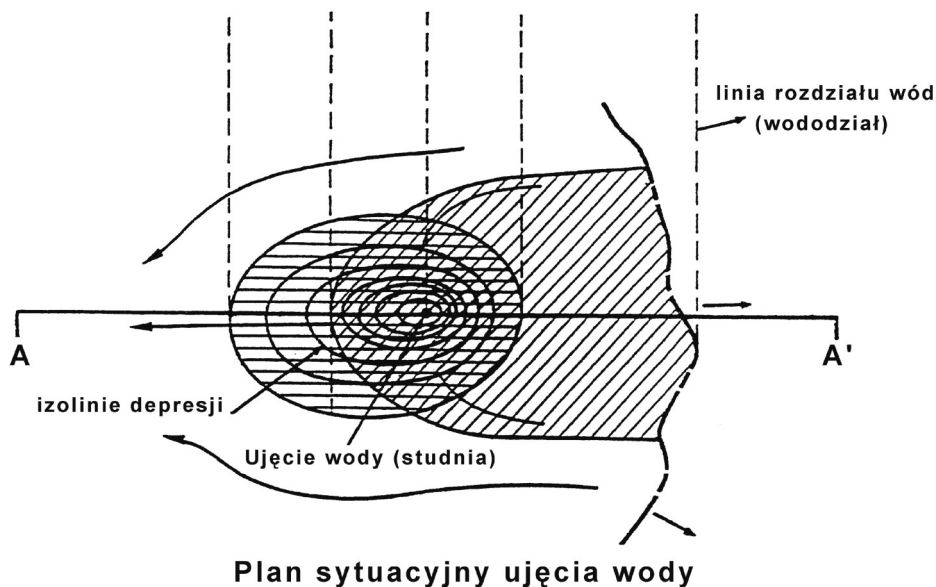
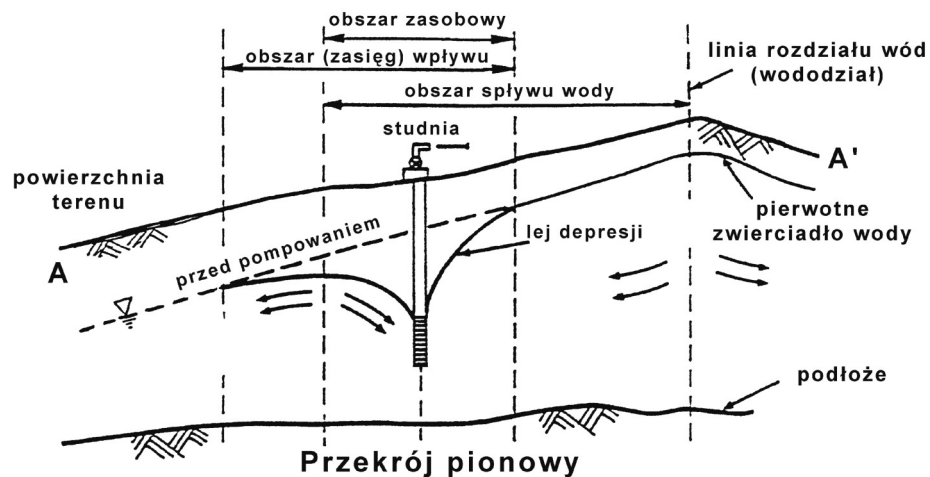
Wedle tego schematu wybór miejsca pod budowę nowego ujęcia wód podziemnych lub konkretną lokalizację istniejącego ujęcia wód podziemnych wiązać trzeba ze świadomością ograniczeń środowiskowych (A), wskazaniami ochronnymi (B), warunkami hydrogeologicznymi (C) i wreszcie warunkami techniczno-ekonomicznymi (D) pozyskiwania wody. Ujęcie wód podziemnych może stanowić otwór wiertniczy, grupę otworów wiertniczych, obudowane źródło naturalne lub inne wyrobisko konstrukcyjnie przygotowane do korzystania z wód podziemnych.

Z definicją prawną zasobów eksploatacyjnych ściśle są związane dalsze pojęcia, a mianowicie: depresja zwierciadła wody podziemnej na ujęciu i w jego otoczeniu, zasięg wpływu ujęcia (leja depresji) oraz jego obszar zasobowy, którego wyznaczenie musi być połączone z wyznaczeniem obszaru zasilania ujęcia i granic obszaru spływu wody do ujęcia. Pojęcia te muszą znaleźć swój materialny wyraz w każdej ze sporządzanych dokumentacji hydrogeologicznych, ustalających zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych (rys. 2.2).

Depresja zwierciadła wody (s) to obniżenie powierzchni zwierciadła wody podziemnej wywołane pompowaniem studni i wyrażone przez różnicę stanów zwierciadła statycznego i zwierciadła dynamicznego. Depresja zwierciadła wody w warstwie wodonośnej na zewnętrznej ścianie pompowanej studni nazywana jest depresją rzeczywistą (s_w).

Depresja w otoczeniu zespołu studni nazywana jest depresją rejonową, wyrażoną wartością izoliny depresji obejmującej wszystkie współdziałające otwory eksploatacyjne danego ujęcia wód podziemnych. Wielkość obniżenia poziomu zwierciadła wody podziemnej w jednostce hydrogeologicznej, wywołanego współdziałaniem eksploatowanych ujęć lub systemów odwadniających, nazywana jest depresją regionalną.

Rejon wpływu ujęcia (w zasięgu depresji zwierciadła wody podziemnej) to obszar w otoczeniu ujęcia, w którym w wyniku pompowania (czerpania) wody następuje zmiana parametrów strumienia, takich jak: wysokość hydrauliczna, prędkość



OBJAŚNIENIA

- | | | | |
|--|-----------------------------|--|-------------------------------|
| | Zwierciadło wody podziemnej | | Obszar (zasięg) wpływu ujęcia |
| | Kierunki przepływu | | Obszar zasobowy ujęcia |
| | Ujęcie wody (studnia) | | Obszar spływu wody do ujęcia |

Rys. 2.2. Pojęcia związane z dopływem wody do ujęcia pracującego w pojedynczej warstwie wodonośnej

i/lub kierunek filtracji (Macioszczyk, 1999). Przy obliczeniach analitycznych wyznacza się zasięg tego obszaru, utożsamiany z promieniem leja depresji przy uwzględnieniu naturalnego spadku hydraulicznego strumienia wód podziemnych w ujmowanym poziomie (warstwie) wodonośnym (Dąbrowski i in., 2004). Wyznaczenie obszaru wpływu ujęcia jest w dokumentowaniu zasobów konieczne i wiąże się z uwzględnieniem interesów innych użytkowników zasobów wód podziemnych oraz z związku z ewentualnym oddziaływaniem eksploatacji zasobowej na środowisko przyrodnicze człowieka.

Obszar zasobowy ujęcia wód podziemnych to fragment zbiornika wód podziemnych ograniczony zasięgiem spływu wód podziemnych do ujęcia, w obrębie którego formuje się co najmniej połowa jego zasobów eksploatacyjnych. Ustalenie granicy obszaru zasobowego, oprócz pokazania jej na mapie dokumentacyjnej wymaga każdorazowo szczegółowego uzasadnienia w tekście dokumentacji. Określanie powierzchni obszaru zasobowego oraz obszaru wpływu ujęcia bliżej przedstawiono w poradniku „Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć...” (Dąbrowski i in., 2004).

Obszar spływu wody do ujęcia to część wyznaczonego pola hydrodynamicznego w granicach obszaru zasilania ujętego poziomu wodonośnego (warstwy wodonośnej) z liniami prądu zbiegającymi się na ujęciu, a więc obszar, z którego strumienie wód podziemnych, w tym zasilane z infiltracji opadów, a także z infiltracji wód powierzchniowych, kierują się do ujęcia.

Eksploatacja zasobów wód podziemnych połączona ze znacznym obniżeniem statycznego zwierciadła wody wywołuje w szeregu przypadków pojawienie się zasobów wzbudzonych (dodatkowych) jako składnika zasilania ujęć wody. W dokumentacji zasobów eksploatacyjnych musi być więc przedstawiony bilans zasilania (wskazanie źródeł zasilania) umożliwiające określenie, jaką część zasobów dyspozycyjnych zbiornika wykorzystuje dokumentowane ujęcie, a jaka część zasobów eksploatacyjnych pochodzi z zasobów wzbudzonych (nie uwzględnianych w dokumentacji regionalnej zasobów dyspozycyjnych).

Problematyka uaktywniania zasobów wzbudzonych (dodatkowych) jest bardzo złożona w szczególności, gdy dotyczy ujęć wód podziemnych zlokalizowanych w dolinach rzecznych (Pleczyński, Przybyłek, 1974).

W większości przypadków naporowych i swobodnych poziomów wodonośnych zlokalizowane w nich ujęcia wód podziemnych (rys. 2.1) wykorzystują wyłącznie część zasobów dynamicznych (Q_d), a więc część z ilości wody, która w określonej jednostce czasu przepływa przez przekrój poprzeczny danego poziomu wodonośnego. Zasoby dynamiczne zmieniają się w czasie w zależności od reżimu hydrodynamicznego określonego warunkami zasilania i drenażu warstw wodonośnych i dlatego wyróżniamy dodatkowo: zasoby dynamiczne stałe (Q_{ds}), określone najmniejszym natężeniem przepływu wody podziemnej przez przekrój poziomu wodonośnego przy najniższym w okresie wieloletnim stanie zwierciadła wody podziemnej, zasoby dynamiczne zmienne (Q_{dz}) odpowiadające ilości wody, która stanowi różnicę ilości wody przepływającej przez przekrój poziomu wodonośnego przy najniższych i najwyższych stanach zwierciadła wody w okresie wieloletnim.

Również w początkowej fazie eksploatacji każdego ujęcia w okresie formowania się leja depresji część czerpanej wody pochodzi z zasobów statycznych (Q_s), a więc z objętości wody podziemnej zmagazynowanej w osuszanych skałach w przypadku warstwy wodonośnej o zwierciadle swobodnym lub z uwolnienia się zasobów sprężystych w granicach leja depresji (przy zmianie ciśnień piezometrycznych) w przypadku warstw wodonośnych o zwierciadle naporowym.

W odniesieniu do zasobów statycznych, podobnie jak to miało miejsce przy zasobach dynamicznych, można mówić o zasobach statycznych stałych i zmiennych w nawiązaniu do skrajnych stanów położenia zwierciadła wody podziemnej określającego poziom retencji zasobów wodnych. Tak więc ujęcie wód podziemnych korzystające wyłącznie z części zasobów dynamicznych stanowi typ ujęcia o prostych warunkach zasilania. Ze złożonymi warunkami zasilania ujęcia wód podziemnych mamy do czynienia wówczas, gdy formujący się lej depresji zaczyna wpływać na składniki bilansowe zasilania danego ujęcia – co skutkuje pojawieniem się zasobów wzbudzonych, zwanych też dodatkowymi (rys. 2.1).

Wzbudzenie dodatkowych zasobów wód podziemnych w warunkach obniżenia swobodnego zwierciadła wody podziemnej w rejonie ujęcia jest możliwe na skutek:

- infiltracji wód powierzchniowych w procesie infiltracji brzegowej głównie z koryt rzecznych, w mniejszym stopniu ze zbiorników wód stojących (naturalnych lub sztucznych),
- zmniejszenia się ewapotranspiracji na obszarach, gdzie uprzednio zwierciadło wody pozostawało blisko powierzchni terenu (tarasy zalewowe),
- przyrostu infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych na obszarze leja depresji,
- dodatkowej retencji związanej z magazynowaniem w leju depresji wód w okresie ich wysokich stanów (przyrost zasobów statycznych zmiennych).

Składniki te w różnym nasileniu uczestniczą w zasobach eksploatacyjnych wielu ujęć, wprowadzając bardzo istotne i często niepożądane zmiany w jakości czerpanych wód. Określenie ich udziału w wydajności ujęcia oraz ocena wpływu na warunki eksploatacji i ochrony zasobów wymagają dobrego rozpoznania nie tylko układu hydrostrukturalnego, ale również systemów krążenia wód podziemnych na podstawie przeprowadzonych badań. Przy rozpatrywaniu zagadnień związanych z określaniem zasobów eksploatacyjnych i wymagań dotyczących jakości wody i ochrony ujęć, a także wymogów ochrony środowiska (przede wszystkim wpływu ujęć na ekosystemy wodne i szatę roślinną) zawsze zachodzi podstawowe pytanie, w jakiej pozycji hydrogeologicznej znajduje się dane ujęcie wody i jakie składniki bilansowe decydują o jego zasilaniu oraz czy i w jakiej wielkości ma miejsce udział wód infiltracyjnych w tym zasilaniu.

Dla rejonów o wzmożonej eksploatacji i zapotrzebowaniu na wodę należy przyjąć w dokumentacji zasobów dyspozycyjnych zestaw kryteriów, które muszą być spełnione w scenariuszach ustalania zasobów eksploatacyjnych nowych ujęć, a modele matematyczne systemów wodonośnych powinny być głównym narzędziem przy sporządzaniu dokumentacji zasobów eksploatacyjnych i dyspozycyjnych (bilanse zasobowe, symulacje eksploatacji ujęć) i weryfikacji poboru wody podziemnej w rejonach intensywnej eksploatacji. Współdziałanie ujęć indywidualnych w stopniu

wywołującym wspólny lej depresji musi być przeanalizowane w kompleksowej dokumentacji hydrogeologicznej, w której określono by wspólny obszar zasobowy dla tych ujęć z rozdziałem ilości wody przynależnej każdemu z ujęć.

Przy dokumentowaniu zasobów eksploatacyjnych, których składnikiem bilansowym mogą być zasoby wzbudzone w lejach depresji wokół dużych ujęć, należy opracowywać prognozy hydrodynamiczne zmian naturalnego systemu krążenia i jakości wód podziemnych z uwzględnieniem przemian hydrogeochemicznych w środowisku geologicznym na obszarze spływu wody do danego ujęcia.

3. PRZEPISY PRAWNE I PROCEDURY OBOWIĄZUJĄCE PRZY DOKUMENTOWANIU ZASOBÓW EKSPLOATACYJNYCH UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH

3.1. Przepisy prawne w latach 1960–1994

Przepisy formalizujące ustalanie i zatwierdzanie zasobów wód podziemnych zostały w Polsce wprowadzone na mocy uchwały nr 29 Rady Ministrów z dnia 26 stycznia 1960 r. (Monitor Polski nr 13, poz. 61), a więc niemal o rok wyprzedzały ustawę z dnia 16 listopada 1960 r. o prawie geologicznym (Dz.U. nr 53-2, poz. 303). Przepisy te w bardzo rygorystyczny sposób powiązały projektowanie i realizację inwestycji, które miały być zaopatrywane w wodę w całości lub części z zasobów wód podziemnych, oraz wprowadzały trzy kategorie dokładności rozpoznania zasobów C, B i A. Zatwierdzenie zasobów w kategorii C było warunkiem zatwierdzenia projektu wstępnego inwestycji (tzw. ZTE – założenia techniczno-ekonomiczne), w kategorii B – warunkiem zatwierdzenia projektu wstępnego inwestycji, a w kategorii A – warunkiem realizacji inwestycji.

W latach 1960–1994 przepisy w zakresie ustalania i zatwierdzania zasobów wód podziemnych w sposób generalny zmieniły się dwukrotnie:

- w 1960 r. – w wyniku wspomnianej uchwały nr 29 Rady Ministrów z dnia 26 stycznia 1960 r. i przepisów wykonawczych w postaci zarządzenia prezesa Centralnego Urzędu Geologii w sprawie zasad ustalania i trybu zatwierdzania zasobów wód podziemnych,
- w 1969 r. – na mocy uchwały nr 64 Rady Ministrów z dnia 1 kwietnia 1969 r. i przepisów wykonawczych w postaci zarządzenia prezesa Centralnego Urzędu Geologii w sprawie zasad ustalania i trybu zatwierdzania zasobów wód podziemnych z dnia 5 maja 1969 r. (Monitor Polski nr 19, poz. 162 i 163) wraz z instrukcją w tym zakresie.

Poniżej przytacza się wypisy fragmentów przepisów podanych w ww. dokumentach dla zobrazowania uwarunkowań, w których były prowadzone badania hydrogeologiczne i sporządzane dokumentacje hydrogeologiczne zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych. Pojawiły się w tych dokumentach pierwsze zdefiniowane prawnie pojęcia z zakresu dokumentowania zasobów, wskazania co do sposobu prowadzenia badań hydrogeologicznych i form ich opracowywania. Z tekstów prawnych wybrano te fragmenty, które ukazują stosowane wówczas po-

działy ujęć oraz zalecenia metodyczne. Przykładowo do 1969 r. nie było obowiązku dokumentowania zasobów wód podziemnych pochodzących z infiltracji brzegowej. Dopiero budowa dużych ujęć wód podziemnych w dolinach rzecznych wymusiła potrzebę uwzględniania tego składnika zasobów eksploatacyjnych.

Uchwała nr 29 Rady Ministrów z dnia 26 stycznia 1960 r. w sprawie ustalania i zatwierdzania zasobów wód podziemnych (Monitor Polski nr 13, poz. 61 i 62 – wypisy podstawowe).

W celu zapewnienia właściwego gospodarczego wykorzystania zasobów wód podziemnych oraz właściwej lokalizacji inwestycji, które mają być zaopatrywane w wodę w całości lub w części z zasobów wód podziemnych – Rada Ministrów uchwala, co następuje:

§ 1.1. Jednostka gospodarki uspołecznionej, zamierzająca realizować inwestycję, która ma być zaopatrywana w wodę w całości lub w części z zasobów wód podziemnych, bądź budować ujęcia wód podziemnych dla istniejącego zakładu, obowiązana jest uprzednio ustalić i uzyskać zatwierdzenie zasobów tych wód stosownie do postanowień niniejszej uchwały i przepisów na jej podstawie wydanych.

2. Przez ujęcie wody podziemnej rozumie się otwór wiertniczy, grupę otworów lub inne wyrobiska odpowiednio przygotowane (uzbrojone) do stałej eksploatacji wód podziemnych.

§ 2.1. Pozwolenia na użytkowanie wód podziemnych wydają właściwe organy administracji wodnej po zapoznaniu się z zasobami wodnymi ustalonymi i zatwierdzonymi zgodnie z przepisami niniejszej uchwały.

2. Przepis ust. 1 nie zwalnia organu administracji wodnej od obowiązku przeprowadzenia postępowania wodnoprawnego, wynikającego z przepisów ustawy wodnej z dnia 19 września 1922 r. (Dz.U. z 1928 r. nr 2, poz. 574).

§ 3.1. Ustalenie (udokumentowanie) zasobów wody podziemnej obejmuje rozpoznanie stosunków wodnych na określonym obszarze i stwierdzenie na tej podstawie:

- 1) jakości wody podziemnej,
- 2) zasobów eksploatacyjnych,
- 3) technicznej możliwości eksploatacji wody.

2. Przez zasoby eksploatacyjne rozumie się tę ilość wody podziemnej, którą można eksploatować w określonej jednostce czasu w sposób racjonalny z punktu widzenia ekonomii i techniki bez ujemnego wpływu na ogólne zasoby tej wody w określonym zbiorniku lub jego części.

§ 4.1. Wprowadza się trzy kategorie dokładności poznania zasobów wód podziemnych C, B i A.

2. Warunkiem zaliczenia zasobów wody podziemnej do:

- 1) kategorii C jest ustalenie tych zasobów na podstawie materiałów geologicznych, hydrogeologicznych, hydrologicznych i innych istniejących dla badanego obszaru oraz na podstawie stwierdzenia analogii do bardziej szczegółowo zbędanych odcinków tego samego zbiornika wód podziemnych,
- 2) kategorii B jest ustalenie tych zasobów na podstawie materiałów i analogii, określonych w pkt 1, uzupełnionych analizami wody i wynikami krótkotrwałych próbnych pompowań,

3) kategorii A jest ustalenie tych zasobów na podstawie materiałów określonych w pkt 1, uzupełnionych analizami wody i wynikami długotrwałych próbnych pompowań.

§ 5. Przy projektowaniu i realizacji inwestycji, które mają być zaopatrywane w wodę w całości lub w części z zasobów wód podziemnych, zabrania się:

- 1) zatwierdzania założeń projektowych inwestycji bez uprzedniego zatwierdzenia zasobów wody podziemnej w kategorii C,
- 2) zatwierdzania projektu wstępnego inwestycji bez uprzedniego zatwierdzenia zasobów wody podziemnej w kategorii B,
- 3) realizowania inwestycji bez uprzedniego zatwierdzenia zasobów wody podziemnej w kategorii A.

§ 6.1. Przy projektowaniu i budowie nowych ujęć wód podziemnych dla istniejących zakładów zabrania się zatwierdzania założeń projektowych ujęcia bez uprzedniego zatwierdzenia zasobów wody podziemnej w kategorii C.

§ 15. Przepisów nie stosuje się w przypadku: ujęć wykonywanych w dnie cieku lub zbiornika powierzchniowego albo przy brzegu, a opartych na eksploatacji wody pochodzącej z bezpośredniej infiltracji wód tych zbiorników.

Zarządzenie prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 12 sierpnia 1960 r. w sprawie zasad ustalania i trybu zatwierdzania zasobów wód podziemnych (wypisy podstawowe)

I. Postanowienia ogólne wg § 1. Zasady ustalania zasobów:

2) Podstawą do zaliczenia zasobów wody podziemnej do kategorii B – jest stwierdzenie występowania wód podziemnych oparte na:

a) wynikach próbnych pompowań wykonanych w pojedynczych otworach badawczych, badawczo-eksploatacyjnych lub innych wyrobiskach przy trzech ustalonych depresjach w czasie minimum 1 doby każda; wynikach analiz chemicznych i bakteriologicznych oraz w odniesieniu do dużych ujęć – na danych dotyczących warunków kształtowania się naturalnego i ewentualnie użytkowego bilansu wodnego odpowiedniego obszaru (przy pracach należy uwzględnić dane wynikające ze szczegółowej mapy geologicznej w skali 1:50 000 lub innej);

b) analogii do odcinków tego samego zbiornika wód podziemnych lub warstwy wodonośnej, w których zasoby wód zostały zbadane z dokładnością przewidzianą dla kategorii „A”;

3) Podstawą do zaliczenia zasobów wody podziemnej do kategorii A – jest stwierdzenie występowania wód podziemnych oparte na wynikach pompowań w czasie określonym każdorazowo przez organ zatwierdzający zasoby wody w kategorii B, przy czym wahania zwierciadła i przepływu wód podziemnych określa się na podstawie co najmniej rocznych obserwacji (w pełnym cyklu hydrologicznym) i na podstawie analizy lokalnego bilansu wodnego; jakość wód określa się na podstawie pełnych lub skróconych analiz chemicznych i innych według wymagań odpowiednich instytutów naukowo-badawczych; wodę do badań jej jakości pobiera się z samych ujęć i z obszarów otaczających ujęcia.

II. Wykonywanie robót hydrogeologicznych (paragrafy dotyczące ustalania zasobów):

§ 16. Dla ustalenia zasobów eksploatacyjnych zbiornika wody podziemnej lub jego części (tzn. wydajności eksploatacyjnej ujęcia, określonej warstwy wodonośnej) należy dokonać obliczenia zasobów dynamicznych, a w pewnych przypadkach także zasobów statycznych tego zbiornika (warstwy wodonośnej).

§ 17. 1. Zasoby dynamiczne zbiornika wód podziemnych lub warstwy wodonośnej określa ilość przepływającej przez niego wody w jednostce czasu, tj. w m³/h.

2. Przyjęty sposób obliczania zasobów dynamicznych zbiornika lub warstwy wodonośnej powinien być uzasadniony, a uzyskane wyniki – jeżeli to możliwe – sprawdzone innym sposobem i dołączone do operatu dokumentacyjnego.

3. Obliczenia powinny być dostosowane do sezonowych lub wieloletnich wahań przepływu dynamicznego.

§ 18.1. Zasoby statyczne określa się w metrach sześciennych z dokładnością, na jaką pozwalają warunki geologiczne oraz litologiczne cechy zbiornika lub warstwy wodonośnej.

2. Podstawą do ustalenia zasobów statycznych zbiornika wód podziemnych lub warstwy wodonośnej jest określenie objętości pustych przestrzeni w skałach stanowiących zbiornik lub warstwę wodonośną, w których woda może się przemieszczać pod wpływem siły ciężkości.

§ 19. Określenia zasobów statycznych dokonuje się w sposób bezpośredni na podstawie obliczenia objętości zbiornika lub warstwy wodonośnej bądź pośredni na podstawie obserwacji obniżenia się zwierciadła wody w zbiorniku (lub jego części) w zależności od ilości pobieranej z niego wody, z uwzględnieniem okresowych wahań.

§ 20. Przy ustalaniu zasobów eksploatacyjnych wód lub wydajności eksploatacyjnej ujęcia należy uwzględnić:

- 1) cel eksploatacji,
- 2) stosunki hydrogeologiczne w obrębie dokumentowanego obszaru z uwzględnieniem cech litologicznych zbiornika (warstwy wodonośnej),
- 3) techniczną możliwość eksploatacji,
- 4) warunki sanitarne,
- 5) wpływ zamierzonej eksploatacji na warunki hydrogeologiczne w sąsiedztwie ujęcia bądź zbiornika,
- 6) trwałość ujęcia,
- 7) ochronę górnictw wód mineralnych i prawa innych użytkowników.

§ 21. W zależności od potrzeby zestawienie zasobów zbiornika wód podziemnych lub jego części (tzn. wydajności ujęcia określonej warstwy wodonośnej) powinno zawierać:

- 1) osobne przedstawienie zasobów statycznych, dynamicznych i eksploatacyjnych,
- 2) wielkości sezonowych i okresowych wahań zasobów dynamicznych,
- 3) maksymalną wielkość zasobów lub wydajności eksploatacyjnych, których pobór nie naruszy w sposób niekorzystny stosunków hydrogeologicznych zbiornika (warstwy wodonośnej) lub bilansu zlewni oraz praw innych użytkowników.

III. Opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej (paragrafy dotyczące ustalania zasobów):

§ 26. Tekst dokumentacji powinien zawierać:

- 3) określenie jakości wód podziemnych na podstawie wyników wykonanych badań z opisem sposobu opróbowania,
- 4) obliczenie zasobów zbiornika wód podziemnych (warstwy wodonośnej) lub wydajności ujęcia, a w szczególności:
 - a) opis przeprowadzonych próbnych pompowań, pomiarów i obserwacji,
 - b) obliczenie zasobów wraz z uzasadnieniem przyjętej metody i kategorii poznania bądź wydajności ujęcia,
 - c) zestawienie wyników obliczenia zasobów z uwzględnieniem rozmieszczenia ich w poszczególnych częściach zbiornika (warstwy wodonośnej),
 - d) analizę obliczonych zasobów na tle bilansu naturalnego i użytkowego dokumentowanego zbiornika lub jego części,
 - e) krytyczne uwagi co do przeprowadzonych badań, obliczeń i uzyskanych wyników;
- 5) wnioski i zalecenia praktyczne, a w szczególności:
 - a) wskazanie obszarów (miejsc, stref) najbardziej i najmniej odpowiednich dla ujmowania wód podziemnych,
 - b) zalecenia techniczne racjonalnej eksploatacji zbiornika (rodzaj filtra, jego średnica i długość, dopuszczalna wydajność i depresja itp.),
 - c) przewidywane zmiany jakościowe i ilościowe wody w czasie eksploatacji,
 - d) dokładną analizę przewidywanych skutków eksploatacji wód podziemnych, powodujących np. trwałe obniżenie zwierciadła wód podziemnych (szkody górnicze) itp.,
 - e) dane o wpływie istniejącej zabudowy i użytkowania powierzchni na cechy sanitarne wód powierzchniowych i podziemnych.

Wzór tabeli zasobowej:

Zestawienie ustalonych zasobów

zbiornika (ujęcia *)	(o wydajności wody..... m ³ /h)
(lokalizacja lub nazwa)	
według stanu na dzień	
z utworów	
(pozycja stratygraficzna)	

Kategoria	Ilość zasobów	
	statycznych w m ³	dynamicznych m ³ /h
		eksploatacyjnych m ³ /h
		depresja w m

Uchwała nr 64 Rady Ministrów z dnia 1 kwietnia 1969 r. w sprawie ustalania zasobów wód podziemnych przy podejmowaniu działalności inwestycyjnej związanej z eksploatacją tych wód (Monitor Polski nr 15, poz. 112 – wypisy podstawowe).

Na podstawie art. 26 ustawy z dnia 16 listopada 1960 r. o prawie geologicznym (Dz.U. nr 52, poz. 303) uchwała się, co następuje:

§ 1.1. Uchwała określa ogólne zasady ustalania zasobów wód podziemnych oraz zależność projektowania i realizacji inwestycji budowlanych od stopnia rozpoznania (kategorii) tych zasobów.

2. Przepisy uchwały mają zastosowanie do projektowania oraz do budowy i rozbudowy:
 - 1) komunalnych urządzeń i instalacji wodociągowych oraz urządzeń zbiorowego zaopatrywania wsi w wodę **zarówno z wód podziemnych, jak i z wód pochodzących z infiltracji brzegowej**,
 - 2) obiektów i urządzeń lecznictwa uzdrowiskowego, które są zaopatrywane w wody lecznicze, oraz nowych ujęć wód leczniczych w istniejących uzdrowiskach,
 - 3) obiektów i urządzeń lecznictwa uzdrowiskowego, która mają być zaopatrywane w wody lecznicze w nowo powstałych uzdrowiskach,
 - 4) zakładów przemysłowych i innych obiektów nie wymienionych w pkt 1–3, które mają być zaopatrywane w wodę w całości lub w **części z zasobów wód podziemnych, w tym również z wód pochodzących z infiltracji brzegowej**,
 - 5) ujęć wód podziemnych dla istniejących obiektów, wymienionych w pkt 1–4, z wyłączeniem ujęć wód leczniczych.

3. Przez budowę ujęcia wody podziemnej rozumie się wykonanie robót budowlano-montażowych, umożliwiających wykorzystanie otworu wiertniczego lub grupy otworów wiertniczych albo innych wyrobisk służących do stałej eksploatacji wody podziemnej.

§ 3.1. Ustalenie zasobów wody podziemnej obejmuje rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych na określonym obszarze i stwierdzenie na tej podstawie:

- 1) występowania wody w określonym poziomie wodonośnym,
- 2) jakości wody podziemnej,
- 3) zasobów eksploatacyjnych,
- 4) technicznej możliwości eksploatacji wody.

2. **Przez zasoby eksploatacyjne rozumie się ilość wody podziemnej, którą można pobierać w określonej jednostce czasu w zaprojektowanych lub istniejących warunkach technicznych i hydrogeologicznych, bez ujemnego wpływu na ilość i jakość ogólnych zasobów tej wody.**

§ 4.1. Ustala się trzy stopnie dokładności poznania zasobów wód podziemnych, zwane dalej kategoriami A, B i C.

2. Warunkiem zaliczenia zasobów wody podziemnej do:

- 1) kategorii C – jest ustalenie tych zasobów na podstawie materiałów geologicznych, hydrogeologicznych, hydrologicznych i innych istniejących dla badanego obszaru, uzupełnionych w miarę potrzeby wynikami badań geofizycznych, specjalnych wierceń poszukiwawczych lub innych robót,
- 2) kategorii B – jest ustalenie tych zasobów na podstawie materiałów wymienionych w pkt 1 oraz przeprowadzonych badań geologicznych, hydrogeologicznych i ewentualnie hydrologicznych, uzupełnionych fizykochemicznymi i bakteriologicznymi analizami wody oraz wynikami wierceń i próbnych pompowań,

- 3) kategorii A – jest ustalenie tych zasobów na podstawie materiałów wymienionych w pkt 2, uzupełnionych wynikami długotrwałych pompowań wody oraz jej analizami.

Zarządzenie prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 5 maja 1969 r. (Monitor Polski nr 19 poz. 162 i 163) w sprawie zasad i sposobu ustalania oraz trybu zatwierdzania zasobów wód podziemnych (wypisy podstawowe).

Na podstawie art. 24, ust. 2 i ust. 3, pkt 2 ustawy z dnia 16 listopada 1960 r. o prawie geologicznym (Dz.U. nr 52, poz. 303) zarządza się, co następuje:

§ 1.1. W zależności od celu i stopnia dokładności ustalania zasobów wód podziemnych zasoby tych wód ustala się dla regionu hydrogeologicznego lub dla wycinka tego regionu.

2. Przez region hydrogeologiczny rozumie się:

- 1) określony zbiornik wód podziemnych okonturowany stwierdzonymi lub przypuszczalnymi granicami geologicznymi albo
- 2) określoną zlewnię hydrograficzną, wyznaczoną granicami działów wód powierzchniowych lub podziemnych.

3. Wycinek regionu hydrogeologicznego nie może być mniejszy od obszaru zasięgu oddziaływania projektowanego ujęcia wody podziemnej z określonego poziomu wodonośnego.

§ 2. Przy projektowaniu, wykonywaniu i dokumentowaniu badań hydrogeologicznych należy również uwzględnić badania dla oceny ewentualnych ujemnych wpływów eksploatacji wód podziemnych na gospodarkę leśną i rolną, złoża torfowe, melioracje wodne, istniejące ujęcia, źródła, zsuwy powierzchniowe, osiadanie budowli i dróg itp.

§ 3.1. W kategorii C ustala się zasoby wód podziemnych całego regionu hydrogeologicznego oddzielnie dla poszczególnych poziomów wodonośnych występujących w tym regionie, a w kategoriach A i B – zasoby wybranego poziomu wodonośnego w granicach wycinka tego regionu, ustalonego z uwagi na lokalizację projektowanej inwestycji budowlanej.

2. Przy projektowaniu inwestycji budowlanej w regionie hydrogeologicznym, dla którego nie ustalono jeszcze zasobów wód podziemnych w kategorii C w odpowiednim poziomie wodonośnym, należy ustalić zasoby wód podziemnych w kategorii C dla wycinka tego regionu hydrogeologicznego, wybranego z uwagi na lokalizację projektowanej inwestycji.

§ 4.1. W zależności od wielkości zapotrzebowania na wodę lub technicznej możliwości jego pokrycia zasoby wód podziemnych dla wycinka regionu hydrogeologicznego ustala się w sposób określony dla dużych lub małych ujęć wód podziemnych.

2. Małym ujęciem wód podziemnych jest:

- 1) ujęcie obejmujące nie więcej niż dwa otwory hydrogeologiczne eksploatujące wodę z tego samego poziomu wodonośnego, z których jeden przewidziany jest jako ujęcie awaryjne, jeżeli głębokość każdego z tych otworów nie przekracza 200 m, a zasoby eksploatacyjne ujęcia są mniejsze niż 100 m³/h,
- 2) grupa otworów eksploatujących wodę z tego samego poziomu wodonośnego, jeżeli głębokość poszczególnych otworów nie przekracza 50 m, a łączna wielkość zasobów eksploatacyjnych jest mniejsza niż 100 m³/h.

§ 6.1. Wprowadza się zasady i sposób ustalania zasobów wód podziemnych oraz warunki, jakie powinny być spełnione dla poznania tych zasobów w poszczególnych kategoriach dla:

- 1) regionu hydrogeologicznego,
 - 2) małych ujęć wód podziemnych,
 - 3) dużych ujęć wód podziemnych,
 - 4) celów leczniczych.
2. Zasady, sposób i warunki, o których mowa w ust. 1, określała instrukcja wydana w formie broszury przez Centralny Urząd Geologii.

Według wypisu z ww. Instrukcji warunkiem zaliczenia zasobów dużego ujęcia do:

- 1) **kategori B** jest stwierdzenie występowania wód podziemnych oparte na:
 - a) wynikach próbných pompowań (indywidualnie lub zespołowo) w otworach wiertniczych lub innych wyrobiskach przy co najmniej trzech ustalonych depresjach w czasie po minimum pół doby każda, wynikach długotrwałych (minimum 3 miesiące) obserwacji wydajności ujęcia, wynikach analiz chemicznych i bakteriologicznych, na danych dotyczących kształtowania się naturalnego i ewentualnie użytkowego bilansu wodnego odpowiedniego obszaru z uwzględnieniem danych wynikających z mapy geologicznej lub hydrogeologicznej w skali 1:50 000,
 - b) analogii do odcinków tego samego poziomu wodonośnego lub jego części, w którym zasoby wód zostały zbadane z dokładnością przewidzianą dla kategorii A,
- 2) **kategorii A** – jest stwierdzenie występowania wód podziemnych oparte na wynikach wielomiesięcznych pompowań w czasie określonym każdorazowo przez organ zatwierdzający lub co najmniej rocznych obserwacjach wydajności ujęcia, przy czym wahania zwierciadła i wód podziemnych określa się na podstawie co najmniej rocznych obserwacji (w pełnym cyklu hydrologicznym) i na podstawie analizy lokalnego bilansu wodnego; jakość wód określa się na podstawie pełnych lub skróconych analiz chemicznych i innych według wymagań odpowiednich instytutów naukowo-badawczych lub zainteresowanych biur projektowych; wodę do badań jakości pobiera się z samych ujęć i z obszarów otaczających ujęcia. Sposób i czas wykonania powyższych badań powinien być każdorazowo określony przez organ zatwierdzający zasoby w kategorii B.

3.2. Przepisy prawne obowiązujące w latach 1994–2012

Wykonywanie prac i robót geologicznych regulowała do 31 grudnia 2011 r. ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. – Prawo geologiczne i górnicze (tekst jednolity – Dz.U. z 2005 r. nr 228, poz. 1947, z późn. zm.), zaś od 1 stycznia 2012 r. znowelizowana ustawa z dnia 9 czerwca 2011 (Dz.U. nr 163, poz. 981). W rozumieniu obu ustaw pracą geologiczną jest „projektowanie i wykonywanie badań w celu ustalenia budowy geologicznej kraju, zwłaszcza poszukiwania i rozpoznawania złóż kopalin, wód podziemnych, określania warunków geologiczno-inżynierskich oraz sporządzania map

i dokumentacji geologicznych”, natomiast robotą geologiczną jest „wykonywanie w ramach prac geologicznych wszelkich czynności poniżej powierzchni ziemi...”. Przez poszukiwanie rozumie się „wykonywanie prac geologicznych w celu odkrycia i wstępnego udokumentowania zasobów złóż kopalin lub wód podziemnych”, zaś rozpoznawaniem jest „wykonywanie prac geologicznych na obszarze wstępnie udokumentowanego złoża kopaliny lub wód podziemnych”.

W myśl powyższych definicji dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych jest ich rozpoznawaniem. Prace poszukiwawcze, polegające na wstępnym udokumentowaniu występowania wód podziemnych, zostały wykonane na obszarze całego kraju w drugiej połowie XX w., co zaowocowało opracowaniem dla kraju przeglądowej w skali 1:200 000 i szczegółowej w skali 1:50 000 mapy hydrogeologicznej w latach 1996–2004 i regionalnych opracowań hydrogeologicznych realizowanych od początku lat 70. XX w, w tym najważniejszych zbiorników uznanych za główne (GZWP) w 1990 r. Aktualnie te prace hydrogeologiczne regionalne prowadzone są nadal, lecz jako szczegółowe. W przypadkach, gdy stopień rozpoznania hydrogeologicznego jest niewystarczający dla właściwego prowadzenia prac rozpoznawczych, poprzedza się je pracami poszukiwawczymi, wykonując badania geofizyczne, otwory poszukiwawcze i próbne pompowania badawcze.

Szczegółowe uregulowania dotyczące rozpoznawania i dokumentowania zasobów zawarte były i nadal są w znowelizowanych rozporządzeniach wydanych na podstawie aktualnej ustawy – Prawo geologiczne i górnicze.

W latach 1994–2011 zostały ogłoszone w Dzienniku Ustaw cztery kolejno aktualizowane rozporządzenia dotyczące m.in. wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne, w tym dokumentacje hydrogeologiczne ustalające zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych:

- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 23 sierpnia 1994 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinna odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie wraz z załącznikami do rozporządzenia (Dz.U. nr 93, poz. 443 i 444).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. nr 153, poz. 1779).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 grudnia 2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. nr 201, poz. 1873).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. nr 291, poz. 1714).

Ustawa z 1994 r. zniósła dotychczas obowiązujące kategorie ustalania i dokumentowania zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych oraz ich powiązania z procesem inwestowania. Ustawa i akty wykonawcze ustanowiły obowiązek ustalania i dokumentowania:

- zasobów eksploatacyjnych ujęć przyjmowanych zawiadomieniami starostów lub marszałków (do końca 2005 r. wojewodów),

- zasobów dyspozycyjnych regionów przyjmowanych przez Ministra Środowiska do końca 2011 r. Natomiast ustawa z dnia 19 czerwca 2011 r. przywróciła obowiązek zatwierdzenia zasobów eksploatacyjnych ujęć i zasobów dyspozycyjnych regionów.

Istotne wymogi dotyczące dokumentowania zasobów wód podziemnych wpływają także z ustawy z dnia 3 października 2008 r. – o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. nr 199, poz. 1227 z późn. zm.). Dzieli ona wszystkie planowane przedsięwzięcia na trzy grupy:

1. planowane przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać na środowisko, dla których wymóg sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko, określony jest w drodze rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. (Dz.U. nr 213, poz. 1397);
2. planowane przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać na środowisko, dla których obowiązek sporządzenia raportu i jego zakres stwierdza w drodze postanowienia organ właściwy do wydania decyzji środowiskowych;
3. planowane przedsięwzięcia mogące znacząco oddziaływać na obszar Natura 2000, dla których obowiązek sporządzenia raportu i jego zakres stwierdza w drodze postanowienia organ właściwy do wydania decyzji środowiskowych.

O tym, czy dla zamierzonego poboru wód podziemnych należy wykonywać raport o oddziaływaniu na środowisko, decyduje odpowiedni organ wydający decyzje w sprawie o środowiskowych uwarunkowaniach inwestycji w drodze postanowienia określając jednocześnie zakres raportu (art. 75. ust. 1 ustawy z dnia 3 października 2010 r.).

W myśl ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (tekst jednolity – Dz.U. z 2005 r. nr 239, poz. 2019, z późn. zm.), pobór zwykłych wód podziemnych wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego z wyjątkiem zwykłego korzystania z wód służącego zaspokajaniu potrzeb własnego gospodarstwa domowego oraz gospodarstwa rolnego (pod warunkiem jednak, że grunt, na którym zlokalizowane jest ujęcie wody, należy do właściciela ujęcia i pobór jest w ilości nie większej niż 5 m³/d).

Prawo wodne ustanawia obowiązek ochrony jakości wód. W odniesieniu do wód podziemnych ujmowanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia wprowadza możliwość ustanawiania stref ochronnych ujęć, które dzielą się na tereny ochrony bezpośredniej i pośredniej. Zgodnie z Prawem wodnym teren ochrony pośredniej ujęcia wyznacza się na podstawie danych zawartych w dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia.

Aktualny wzór karty informacyjnej dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych przedstawiono w załączeniu (Dz.U. nr 291, poz. 1714, załącznik nr 2).

**KARTA INFORMACYJNA
DOKUMENTACJI HYDROGEOLOGICZNEJ
USTALAJĄCEJ ZASOBY EKSPLOATACYJNE
UJĘCIA WÓD PODZIEMNYCH**

Tytuł dokumentacji:
 Podstawa wykonania prac (nr decyzji):
 Wykonawca prac geologicznych:
 Zamawiający:
 Okres realizacji prac:
 Miejscowość:
 Gmina:
 Powiat:
 Województwo:
 Zlewnia rzeki (do IV rzędu):
 Region wodny:
 Regionalny zarząd gospodarki wodnej (siedziba):
 Zbiornik wód podziemnych (porowy/szczelinowy, odkryty/zakryty):
 Arkusz mapy 1:50 000:
 Położenia ujęcia w państwowym układzie współrzędnych¹⁾: x =, y =
 Układ odniesienia:
 Rzędna ujęcia²⁾: m n.p.m.

Stratygrafia pięter wodonośnych objętych ustaleniem zasobów:
 Zasoby eksploatacyjne ustalone wg stanu rozpoznania hydrodynamicznego na
(miesiąc, rok)

Zasoby eksploatacyjne ujęcia	Depresja zwierciadła wody w ujęciu ³⁾	
$Q_e = \dots\dots\dots \text{m}^3/\text{h}$	w warstwie wodonośnej	w otworach
Liczba otworów:	$s_w = \dots\dots\dots \text{m}$	$s_c = \dots\dots\dots \text{m}$
Klasa jakości wody:, typ chemiczny:, mineralizacja: mg/l.		
Obszar zasobowy o powierzchni km^2		
określony w granicach przedstawionych w załączniku nr		

sporządzający dokumentację:
 (podpis z podaniem imienia i nazwiska
 oraz nr kwalifikacji geologicznych
 albo nr decyzji uznającej kwalifikacje zawodowe w dziedzinie geologii
 albo podpis osoby świadczącej usługi transgraniczne w dziedzinie geologii)

.....
 Miejscowość, data

4. ROZWÓJ METODYKI OBLICZANIA I PROGNOZOWANIA ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

Przez dokumentowanie wód podziemnych rozumie się proces ich rozpoznawania dla określonego celu praktycznego, przeważnie dla ochrony możliwości poboru, który wiąże się ściśle z pojęciem gospodarowania jako całokształtu działalności w zakresie prawidłowego wykorzystania i ochrony zasobów wodnych (Turek, 1985). Nad prawidłowością sporządzania dokumentacji zasobowych sprawuje w Polsce kontrolę merytoryczną Komisja Dokumentacji Hydrogeologicznych – organ państwowy utworzony w 1955 r. i działający do czasów obecnych, a więc przez 57 lat, w którego skład są powoływani hydrogeolodzy zarówno z grupy naukowców, jak i praktyków o wysokich kompetencjach. Pierwsze zasady porządkujące dokumentowanie zasobów wód podziemnych w skali kraju w początkach zorganizowanej polskiej hydrogeologii zostały zawarte w dwóch ważnych ząbiających się aktach prawnych z 1960 r., a mianowicie: w ustawie o prawie geologicznym, która regulowała zasady poszukiwania, rozpoznawania i częściowo eksploatacji wód podziemnych oraz w uchwale nr 29 Rady Ministrów uzależniającej podejmowanie działalności inwestycyjnej związanej z poborem wód podziemnych od stopnia rozpoznania ich zasobów, a także określającej wymagania odnośnie do dokumentowania, co już zostało szerzej przedstawione w rozdziale 3. Kolejne lata ze wzrastającym zapotrzebowaniem na pobór wód podziemnych dla rozwijających się miast, rolnictwa i wsi oraz zakładów przemysłowych niosły ze sobą pilną potrzebę doskonalenia metod terenowych i warsztatu obliczeniowego. Pojawiły się problemy dokumentowania wymagające uwzględniania współdziałających ze sobą ujęć wielootworowych, ujęć pracujących w złożonych warunkach hydrogeologicznych, potrzeby określania i bilansowania składników zasilania ujęć oraz opracowywania prognoz ilościowych i jakościowych w odniesieniu do zasobów. W tym zakresie bardzo pomocny okazał się rozwój metod badań filtracji nieustalonej i zastosowań modelowania matematycznego dla oceny przepływu wód podziemnych i ich bilansowania. Rozwój zastosowań praktycznych w latach 60. związany był przede wszystkim z zapotrzebowaniem na prognozy dla górnictwa w odniesieniu do odwadniania kopalń odkrywkowych. W dziedzinie wykorzystania metod badania filtracji nieustalonej w obliczaniu zasobów i prognozowaniu eksploatacji ujęć wód podziemnych początek przyniosła publikacja Z. Wilka w „Przeglądzie Geologicznym” (1962) „O określaniu parametrów hydrogeologicznych złoża wody podziemnej w warunkach nieustalonego przepływu” sygnalizująca przydatność metody Theisa (1935) do tych obliczeń oraz pierwsze publikacje z zastosowań tej metody w badaniach zasobowych na ujęciach w polskiej praktyce hydrogeologicznej (Kłyza, Przybyłek, 1968), a także pierwszy poradnik dla obliczeń ujęć wód podziemnych

(Macioszczyk, 1969). Wkrótce ukazały się szczegółowe instrukcje dla hydrogeologów do prowadzenia próbnych pompowań według nowej metodologii przy dokumentowaniu zasobów wód podziemnych, np. „Zasady obliczeń filtracji nieustalanej według wzorów Theisa i Hanusha (Przybyłek i in., 1971) oraz „Poradnik hydrogeologa” (Turek, 1971). Opublikowany w 1971 r. przez Wydawnictwa Geologiczne „Poradnik hydrogeologa” był w kolejnych dziesięcioleciach podstawowym podręcznikiem hydrogeologii stosowanej, w którym poszczególne rozdziały opracowali: J. Dowgiałło, B. Kozerski, S. Krajewski, J. Macher, T. Macioszczyk, J. Malinowski, B. Paczyński, Z. Płochniewski, P. Stenzel, J. Szymanko, S. Turek. W następnych latach opublikowano kolejne artykuły w czasopismach branżowych z zastosowań praktycznych metody Theisa i metody Hantusha (Niedzielski, 1972, Szczepański, 1973a, b). W studium metodycznym pt. „Metodyka dokumentowania zasobów wód podziemnych” (Pleczyński, Przybyłek, 1974) przedstawiono doświadczenia z dokumentowania czterech dużych ujęć wód podziemnych w Wielkopolsce i na Pomorzu w latach 1969–1973, w części metodycznej opisano metody z zakresu: interpretacji obserwacji stacjonarnych, próbnych pompowań w warunkach filtracji nieustalanej. Obok już znanych metod Theisa i Hantusha przedstawiono metodę Boultona (Boulton, 1963), metody bilansowania zasobów wód podziemnych, oceny zasobów eksploatacyjnych oraz zagadnienia oceny jakości wód i prognoz hydrochemicznych. Publikacją zamykającą ponaddziesięcioletni okres zastosowań metod filtracji nieustalanej przez hydrogeologów polskich w praktyce obliczeń zasobowych była publikacja pt. „Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych” (Dąbrowski, Przybyłek, 1980). Pracą dopełniającą w odniesieniu do wyznaczenia parametrów hydraulicznych ujęcia wód podziemnych na podstawie pompowań próbnych była publikacja Z. Siwka i M. Mańkowskiego (1981) oparta na światowych standardach odbioru techniczno-hydrogeologicznego studni. Procesy odnawialności wód podziemnych i metody ich badań na podstawie własnych prac i studiów literaturowych przedstawił J. Pleczyński (1981) w publikacji pt. „Odnawialność wód podziemnych”. Ponadto w latach 1971–1977 staraniem Zjednoczenia Przedsiębiorstw Hydrogeologicznych (ZPH) zostało opublikowanych 7 zeszytów tematycznych pod wspólnym tytułem „Zasady obliczeń hydrogeologicznych ujęć wód podziemnych (Jarodzki L., red. – praca zbiorowa, 1971–1977). Podane publikacje zostały odnotowane w spisie literatury w podręczniku „Hydrogeologia ogólna” (Pazdro, 1977, Pazdro, 1984, Pazdro, Kozerski, 1990) oraz w podręczniku „Dynamika wód podziemnych” (Rogoż, 2007).

Ważne prace badawcze w latach 70. XX w. w zakresie kształtowania się środowiska hydrogeochemicznego w warunkach naturalnych i przy poborze wód podziemnych przeprowadził Instytut Kształtowania Środowiska Oddział w Poznaniu. Owocem kilkuletnich prac i badań, w szczególności na ujęciach w dolinach rzecznych, była publikacja pt.: „Zmiany jakości wód podziemnych w warunkach intensywnej eksploatacji” (Błaszyk, Górski, 1978), która wskazywała na konieczność opracowywania prognoz w dokumentacjach zasobowych oraz na możliwości racjonalnej eksploatacji ujęć wód podziemnych w warunkach niekorzystnych przemian środowisk hydrogeochemicznych. W 1987 r. ukazał się bardzo ważny dla opracowania prognoz hydrochemicznych podręcznik „Hydrogeochemia” (Macioszczyk, 1987).

Modelowanie matematyczne zaczęto stosować w dokumentowaniu zasobów eksploatacyjnych dla ujęć wód podziemnych równoległe do polowych badań filtracji nieustalonej (Śmietański, Szczepański, 1967, 1968; Bieniewski, 1968). W pierwszej fazie rozwoju metod modelowania matematycznego w hydrogeologii podstawową rolę odegrały urządzenia analogowe, jak: modele dyskretne – integratory hydrauliczne, integratory elektryczne – siatkowe, modele ciągłe – AEHD (analogii elektrodynamicznej) – z wykorzystaniem papieru elektroprowadzącego i wanien elektrolitycznych. W 1972 r. odbyło się w Poznaniu krajowe sympozjum poświęcone zastosowaniom modeli analogowych do modelowania filtracji w rejonach ujęć wodnych, na którym przedstawiono m.in. publikację zawierającą wyniki badań dla siedmiu dużych ujęć wód podziemnych w latach 1966–1970 (Brylska i in., 1972). Lata 70. przyniosły dalszy rozwój technik modelowania (Makowski, 1975; Auer, 1976), a także znaczną ilość dokumentacji hydrogeologicznych, w których z powodzeniem stosowano te techniki i procedury w obliczeniach warunków pracy ujęć wód podziemnych (Szczepański, 1974). Równoległe i narastająco pojawiła się tendencja rozwijania modelowania numerycznego, której odzwierciedleniem jest sygnalizacja (Wieczysty, 1970, s. 296), a następnie specjalny podrozdział poświęcony metodom numerycznym (Pazdro, 1977, s. 426–429) w krajowych podręcznikach hydrogeologii inżynierskiej i hydrogeologii ogólnej. Istotną rolę inspirującą odegrały w tym względzie publikacje: Kordasa (1971), Szymanki (1972), Macioszczyka (1973), Piweckiego (1975). W tym czasie Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu uzyskało zgodę na przetłumaczenie francuskiego podręcznika Emsellema (1971 – *Construction de modesles mathematiques en hydrogeologie*). Publikacja w języku polskim ukazała się w 1975 r. w tłumaczeniu M. Rogoża pod redakcją: H. Dąbrowskiej, S. Dąbrowskiego i B. Sachy (Emsellem, 1975). Ważnym etapem na drodze zastosowań modelowania numerycznego w nauce i praktyce hydrogeologicznej w Polsce było podjęcie w Centralnym Urzędzie Geologii resortowego problemu badawczego pt. „Opracowanie systemu informatycznego analizy zjawisk hydrogeologicznych ze szczególnym uwzględnieniem prognozowania wielkości zasobów wód podziemnych”. W ramach realizacji tego problemu powstała biblioteka programów numerycznych HYDRYLIB (Szymanko i in., 1977; Dąbrowski, 1978; Szymanko, 1980, 1982), której pierwsze zeszyty ukazały się drukiem w 1977 r. W miarę dostępności komputerów klasy PC programy biblioteki HYDRYLIB zostały szybko wdrożone do nowoczesnych zastosowań technologicznych (Szymanko, 1982). Bibliotekę HYDRYLIB tworzy grupa programów przeznaczonych do symulacji przepływów wód podziemnych umożliwiających prowadzenie zadań identyfikacyjnych i prognostycznych obliczeń bilansu zasobów wód podziemnych w odniesieniu regionalnym i do ujęć pracujących w układzie jedno- lub wielowarstwowych systemów wodonośnych. Biblioteka ta była wielkim osiągnięciem na skalę europejską i światową i można przyjąć, że wyprzedziła w czasie i jakości oprogramowanie oferowane przez wielkie korporacje informatyczne, bowiem pierwszą dokumentację powszechnie dziś wykorzystywanego do badań modelowych pakietu MODFLOW stworzonego przez Służbę Geologiczną Stanów Zjednoczonych (U.S. Geological Survey) opublikowano dopiero w 1988 r. (McDonald, Harbaugh, 1988). Jak wynika ze statystyki publikacji w krajowym czasopiśmiennictwie hydrogeologicznym (WPH) (Felkel, Kasztelan,

2006), jeszcze po tym roku i w ostatniej dekadzie ubiegłego wieku przewagę w zastosowaniach praktycznych i dla celów naukowych miały programy z biblioteki HYDRYLIB. W podręczniku akademickim z połowy lat 90. (Kulma, 1995) programy symulacyjne z biblioteki HYDRYLIB zostały szczegółowo przedstawione w ujęciu dydaktycznym wraz z odpowiednimi zadaniami z zakresu ich stosowania. Równolegle od 1994 r. pojawiły się w literaturze krajowej pierwsze publikacje oparte na zastosowaniach oprogramowania z pakietu MODFLOW do badania przepływów i bilansów zasobów wód podziemnych (Gurwin i in., 1994). W mijającym dziesięcioleciu (2001–2010) zdecydowanie wzrosła ilość publikacji przedstawiających wyniki badań modelowych w oprogramowaniu oferowanym przez Waterloo Hydrogeologic Inc., Environmental Modeling Systems Inc., Danish Hydraulic Institute – Water & Environment, a związanym z opracowaniem interfejsów przyjaznych dla użytkownika.

Modele numeryczne stały się niezbywalnym narzędziem w projektowaniu ujęć wód podziemnych, badaniach i obliczeniach interakcji wód powierzchniowych i podziemnych w bilansach wodno-gospodarczych, wyznaczaniu wpływu poboru wód podziemnych przez gospodarkę komunalną i górnictwo na wielkość i dynamikę tych zasobów, przy ocenach oddziaływania obiektów i wszelkich form działalności cywilizacyjnej człowieka na i pod powierzchnią ziemi na środowisko wód podziemnych (Nawalany i in., 2010). W szczególności za pomocą metod modelowania matematycznego prowadzone były i prowadzone są obecnie w Polsce liczne badania i obliczenia w zakresie:

- dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych, w tym ujęć infiltracyjnych w dolinach rzecznych,
- określania zasobów wód podziemnych i warunków ich odnawialności w jednostkach bilansowych podziału regionalnego,
- określania stref ochronnych dużych ujęć i obszarów ochronnych Głównych Zbiorników Wód Podziemnych – GZWP.

Uzupełnieniem dokonanego przeglądu literaturowego metod modelowania matematycznego są zamieszczone fotografie ilustrujące pierwsze urządzenia (maszyny do modelowania analogowego) stosowane w modelowaniu ujęć wód podziemnych i obliczaniu ich zasobów eksploatacyjnych w latach 1965–1970, w tym układ pomiarowy modelu elektrolitycznego AEHD ujęcia wód podziemnych Bogucino–Roscięcino dla Kołobrzegu w dolinie Parsęty (rys. 4.1) oraz integrator hydrauliczny Łukjanowa (rys. 4.2). Opisany warsztat metodyczny był używany w przedstawionych w niniejszym studium przykładach obliczania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych.

Począwszy od dekady lat 90. wzrosło zapotrzebowanie na opracowania metodyczne związane z poszerzaniem się zakresu opracowań hydrogeologicznych (Górski i in., 2007).

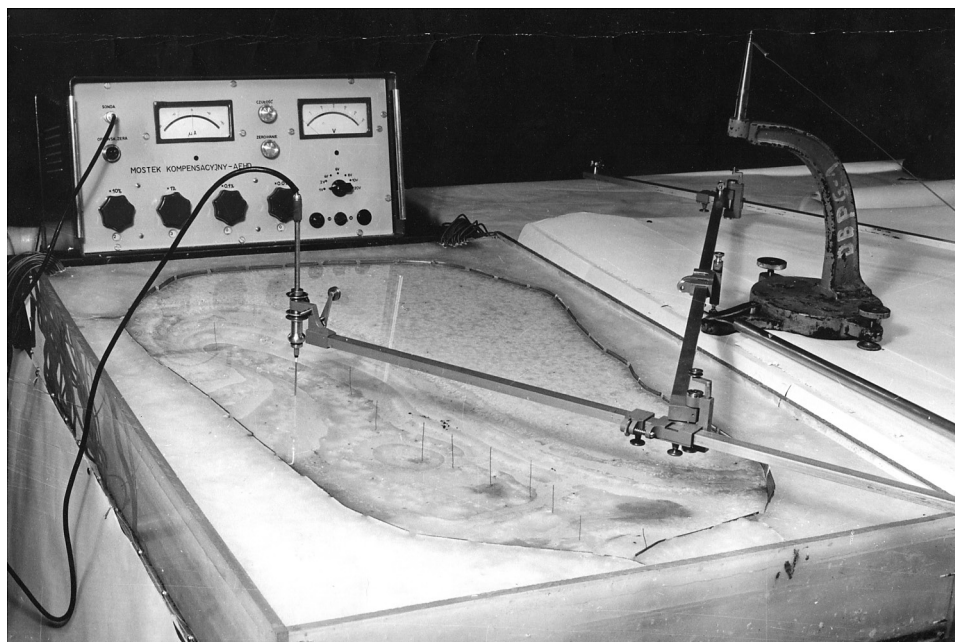
W 1993 r. ukazał się poradnik metodyczny pt. „Projektowanie stref ochronnych źródeł i ujęć wód podziemnych” (Macioszczyk i in., 1993), który w sposób przystępny z wykorzystaniem bogatego materiału doświadczalnego i metodycznego przedstawiał wskazania metod i sposobów postępowania przy wymiarowaniu stref ochronnych.

W latach 1994–1995 ukazały się kolejno dwa tomy „Katalogu wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń i metod ich oznaczania” (Witczak, Adamczyk, 1994–1995). Autorzy zawarli w nich kompendium wiedzy (wiadomości hydrogeochemiczne i analityczne, metodyka opróbowania) niezbędnej do prawidłowego prowadzenia monitoringów jakości wód podziemnych, w tym właściwego poboru próbek.

W związku ze zmianą przepisów w zakresie opracowywania projektów i dokumentacji hydrogeologicznych w odniesieniu do regionalnych ocen zasobów wód podziemnych, w 1996 r. został udostępniony hydrogeologom z inicjatywy Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznych poradnik metodyczny pt. „Ustalanie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych” (Paczyński i in., 1996).

Potrzeby rozwijającego się monitoringu jakości wód podziemnych w trzech rodzajach sieci obserwacyjnych: krajowej, regionalnych i lokalnych wymuszały opracowanie metodyki kontroli jakości danych hydrogeochemicznych. W 1998 r. ukazała się publikacja pt. „Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych” (Szczepańska, Kmiecik, 1998). W przygotowaniu publikacji wykorzystano doświadczenia uzyskane w trakcie realizacji regionalnego monitoringu jakości wód podziemnych dorzecza górnej Wisły oraz literaturę zagraniczną.

Problemy, które pojawiały się w związku z ustanawianiem stref ochronnych ujęć wód podziemnych, stanowiły wyraźny sygnał potrzeby ustanawiania monito-



Rys. 4.1. Urządzenia (maszyny analogowe) stosowane do rozwiązań w modelowaniu ujęć wód podziemnych i obliczaniu ich zasobów eksploatacyjnych w latach 60. i 70. XX w. Układ pomiarowy modelu elektrolitycznego AEHD ujęcia wód podziemnych Bogucino–Roscięcino dla Kołobrzegu w dolinie Parsęty (COPBGO we Wrocławiu, PH Poznań)



Rys. 4.2. Urządzenia (maszyny analogowe) stosowane do rozwiązań w modelowaniu ujęć wód podziemnych i obliczaniu ich zasobów eksploatacyjnych w latach 60. i 70. XX w. Widok ogólny integratora hydraulicznego (AGH Kraków, fot. J. Leśniak)

ringu osłonowego ujęć wód podziemnych przy projektowaniu monitoringu lokalnego. W 1999 r. przygotowano w Państwowym Instytucie Geologicznym poradnik przedstawiający metody badań oraz zasady projektowania tego typu sieci monitoringowej z uwzględnieniem różnych rodzajów zbiorników wód podziemnych. Został on opracowany przez zespół autorów z różnych ośrodków naukowych kraju pod kierunkiem B. Kazimierskiego i A. Sadurskiego (Kazimierski, Sadurski, 1999).

Problematyka ustalania zasobów wód podziemnych, jak również zagadnienia związane z migracją zanieczyszczeń i oceną roli barier hydrogeologicznych w ich przemieszczaniu skłoniły do bliższej współpracy zespół autorów z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu do pogłębionych badań utworów półprzepuszczalnych w skali laboratoryjnej i na drodze eksperymentów terenowych. Owocem tej współpracy była opublikowana w 1999 r. praca pt. „Badania współczynnika filtracji utworów półprzepuszczalnych” (Marciniak i in., 1999).

Ważną pracą w zakresie doskonalenia metodyki badań terenowych jest opublikowana w 1999 r. rozprawa Marka Marciniaka pt. „Identyfikacja parametrów hydrogeologicznych na podstawie skokowej zmiany potencjału hydraulicznego. Metoda Paramex”. W cytowanej pracy autor oprócz przedstawienia autorskiej metody eksperymentu czynnego w otworze hydrogeologicznym podał pełen zestaw terenowych metod oznaczania parametrów hydrogeologicznych warstw wodonośnych.

W środowisku hydrogeologów z zadowoleniem przyjęto wydanie w ostatnich latach zająbiających się ze sobą poradników metodycznych w zakresie dokumentowania zasobów wód podziemnych i metodyki badań terenowych oraz modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych, a mianowicie:

- „Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych” (Dąbrowski i in., 2004).
- „Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych” (Dąbrowski, Przybyłek, 2005).
- „Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych” (Dąbrowski i in., 2011).

Pierwszy z tych poradników wypełnił istotną lukę w literaturze fachowej, gdy po zmianie przepisów prawa geologicznego i górniczego (1994) szybko ukazał się poradnik o zasobach dyspozycyjnych (1996), a bardzo długo hydrogeolodzy odczuwali brak poradnika o dokumentowaniu zasobów eksploatacyjnych. W poradniku tym obok podstaw oceny zasobów wód podziemnych przedstawiono zasady projektowania i wykonywania prac i badań hydrogeologicznych, ustalania zasobów i form sporządzania dokumentacji, a także podano przykłady dokumentowania zasobów i optymalizacji poboru wody z ujęć wielootworowych.

Drugi z poradników stanowi poszerzoną i zaktualizowaną wersję poradnika wydanego w 1980 r. Zawiera podstawowe wiadomości o dynamice wód podziemnych w aspekcie próbnych pompowań, zasady ich wykonywania oraz prezentację poszczególnych metod interpretacji z wykorzystaniem oryginalnych badań terenowych.

Trzeci poradnik to praca zbiorowa, w której oprócz głównych autorów zamieścili przykłady swoich badań hydrogeolodzy z różnych ośrodków w kraju. Obok części metodycznej przedstawiono wykonane badania w aspekcie rozwiązywania zadań z zakresu: modelowania ujęć wód podziemnych, modeli w skalach regionalnych, modeli migracji zanieczyszczeń, modeli odwodnień górniczych i budowlanych, modeli transportu ciepła.

W latach 2006–2007 ukazały się kolejne poradniki metodyczne związane ze specyfiką prowadzenia badań w związku z zagrożeniem środowiska, a mianowicie:

- „Zasady sporządzania dokumentacji określających warunki hydrogeologiczne w związku z projektowaniem dróg krajowych i autostrad” (Rodzoch i in., 2006),
- „Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb hydrogeologicznych i ochrony środowiska” (Małecki i in., 2006),
- „Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych” (Zuber, red., 2007).

Ważną rolę w udostępnianiu metod badań hydrogeologicznych spełniają nowe podręczniki akademickie, takie jak np.:

- „Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych” (Macioszczyk, Dobrzyński, 2002),
- „Podstawy hydrogeologii stosowanej” (Macioszczyk, red., 2006).

W dziedzinie zastosowań nowych metod badawczych oraz pogłębionych hydrogeologicznych analiz regionalnych na szczególną uwagę zasługują również opublikowane rozprawy habilitacyjne i doktorskie: Szymanki (1980), Górskiego (1989),

Sadurskiego (1989), Dąbrowskiego (1990), Roszaka (1991), Jokiela (1994), Piekarrek-Jankowskiej (1994), Staśko (1996), Małeckiego (1998), Marciniaka (1999), Sawickiego (2000), Kowalczyka (2003), Krogulec (2004), Rózkowskiego (2006), Tarki (2006), Marszałka (2007), Gurwina (2010).

Z opracowań regionalnych w skali kraju należy wymienić:

- **wyznaczenie Głównych Zbiorników Wód Podziemnych w Polsce (GZWP)**, zawierających wody słodkie niezmineralizowane wymagające szczególnej ochrony. Prace przeprowadzono w latach 1986–1988 z inspiracji prof. A.S. Kleczkowskiego i zespołu badaczy z AGH w Krakowie przy szerokim udziale (ok. 200 osób) hydrogeologów z całego kraju. Mapę zbiorników opracowano w skali 1:500 000 (Kleczkowski, red., 1990), uwzględniając nowoczesne tendencje w światowej kartografii hydrogeologicznej. Wypracowana metodyka badań związana z realizacją mapy GZWP została równoległe opublikowana w pracach: pt. „Główne Zbiorniki Wód Podziemnych w Polsce – własności hydrogeologiczne, jakość wód, badania modelowe i poligonowe” (Kleczkowski, red., 1990) oraz „Ochrona wód podziemnych w Polsce. Stan i kierunki badań” (Kleczkowski, red., 1991). Na podstawie ustawy – Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. z mocy rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 grudnia 2002 r. (Dz.U. nr 232, poz. 1953) przyporządkowano zbiorniki wód podziemnych do właściwych obszarów dorzeczy.
- **opracowanie „Atlasu hydrogeologicznego Polski w skali 1:500 000”** (Paczyński, red., 1993–1995), w tym:
Część I: Systemy zwykłych wód podziemnych (1993),
Część II: Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych (1995).
- **opracowanie szczegółowej mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000** w latach 1996–2006, związanej w zakresie prac terenowych ze zdjęciem hydrogeologicznym, a w zakresie prac kameralnych z weryfikacją danych w banku HYDRO.

Zwieńczeniem osiągnięć wydawniczych w dostępie do opublikowanej informacji geologicznej było wydanie: „Słownika hydrogeologicznego” (Dowgiałło i in., red., 2002) oraz „Hydrogeologii regionalnej Polski. T. I. Wody słodkie” (Paczyński, Sadurski i in., red., 2007).

Metody obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych i ocena ich wiarygodności

Metody hydrodynamiczne

Jest to grupa najdokładniejszych i najpewniejszych metod oceny zasobów eksploatacyjnych pod warunkiem, że sporządzono właściwy i pełny schemat hydrogeologiczny ujęć zlokalizowanych w systemach dających możliwość przyjęcia poprawnego wyboru schematu obliczeniowego uwzględniającego warunki graniczne, w tym właściwie określającego zasięg leja depresji. Warto tu podkreślić, że równania

hydrodynamiki są równocześnie równaniami dynamicznymi i bilansowymi, ponieważ położenie powierzchni piezometrycznej wód podziemnych jest odwzorowaniem wielkości ich naturalnego zasilania. Metody te obejmują w przypadku ujęć wielootworowych:

- wzory na wielką studnię dla zespołu studni,
- obliczenia według wzorów Theisa i Hantusha w przypadku konieczności prognozowania wydajności w warunkach długotrwałej filtracji nieustalanej,
- całkowanie graficzne siatki hydrodynamicznej w przypadku dysponowania mapą hydroizohips o dużej wiarygodności.

Możliwość zastosowania tych metod dla prognoz zasobowych ogranicza często potrzeba uwzględniania współdziałania z innymi ujęciami lub systemami drenowanymi nie dającymi się sprowadzić do ujednoliconej granicy.

Metoda wielkiej studni

Metoda ta może być stosowana dla systemu (zespołu studzien) o regularnym lub nieregularnym kształcie, przy którym zakłada się, że hydroizohipsa, opisująca dynamiczne zwierciadło wody, najbliższa zespołowi studzien wyznacza kontur wielkiej studni. Metoda wielkiej studni jest szczegółowo omówiona w podręcznikach (Macioszczyk, 1969; Pazdro, Kozerski, 1990).

Szczegółowe wzory obliczeniowe metodą wielkiej studni w zależności od schematu zasilania ujęcia przedstawili w swej pracy Pleczyński i Przybyłek (1974).

Obliczony promień wielkiej studni jest wprowadzany do wzorów Dupuita i Dupuita-Thiema, zastępując w tych wzorach promień pojedynczej studni.

Poza podanymi wzorami można w metodzie hydrodynamicznej stosować szereg znanych wzorów z teorii współdziałania studzien (Macioszczyk, 1969; Wieczyński, 1970; Pazdro, Kozerski, 1990) opartych na: zasadzie odbić zwierciadłanych (wpływ granicy warstwy na dopływ do studni jest taki, jak gdyby w warstwie o nieograniczonym rozprzestrzenieniu pracowały studnie zwielokrotnione poprzez odbicia zwierciadlane, przy czym granica warstwy jest zwierciadłem) stosowanej na dopływ do studzien w warstwach ograniczonych, zasadzie superpozycji (sumowania, nakładania się strumieni cząstkowych) lub zasadzie Forchheimera polegającej na tym, że depresja wywołana w jakimś punkcie poprzez pompowanie zespołu studzien jest sumą algebraiczną depresji wywołanych przez poszczególne studnie i stosowanej w szczególności dla wód swobodnych w warstwach ograniczonych lub nieograniczonych, interferencji (nakładania się lejów depresyjnych) stosowanej dla wód napiętych, głównie w jednostkach nieograniczonych.

Obliczenia według wzorów Theisa i Hantusha w przypadku konieczności prognozowania zasobów w warunkach długotrwałej filtracji nieustalanej

Prognozowanie metodami filtracji nieustalanej przy zastosowaniu wymienionych wzorów jest możliwe w przypadku występowania wód o napiętym zwierciadle i przy stosunkowo niewiele zróżnicowanej przewodności, obliczonej na podstawie

pompowań hydrowęzłowych (Dąbrowski, Przybyłek, 1980, 2005). Najbardziej zalecane wzory do obliczania zasobów eksploatacyjnych metodami hydrodynamicznymi w połączeniu z hydraulicznymi w zależności od schematu zasilania ujęcia podają Turek (red., 1971) oraz Pleczyński i Przybyłek (1974).

Całkowanie graficzne siatki hydrodynamicznej

Siatki hydrodynamiczne w hydrogeologii praktycznej służą przede wszystkim do obliczania wielkości dopływu do ujęcia wody z różnych kierunków, a tym samym z dużym powodzeniem można je wykorzystywać m.in. do obliczania i wydzielania zasobów eksploatacyjnych, pochodzących ze zlewni podziemnej i infiltracji brzegowej. Siatki hydrodynamiczne sporządza się na podstawie wykreślonych hydroizohips podczas eksploatacji całego ujęcia i dokładnych pomiarów zwierciadła wody w otworach położonych wzdłuż rzeki zasilającej, wzdłuż frontu zasilania podziemnego oraz w otworach i studniach wzdłuż bariery. Skonstruowana siatka hydrodynamiczna powinna być ortogonalna. Szczegółowe warunki i sposoby jej wykreślenia podaje Wieczysty (1982). Przepływ przez każdy wycinek siatki oblicza się przekształconym wzorem Darcy'ego. Dopływ do ujęcia będzie sumą przepływów przez wszystkie wycinki siatki hydrodynamicznej.

Metody bilansowe eksploatacji

Zasoby eksploatacyjne związane są z następującym równaniem bilansowym (bez uwzględnienia zasobów sztucznych):

$$Q_e = (Q_d + Q_i) + \frac{V}{t}$$

gdzie:

Q_d – zasoby dynamiczne,

Q_i – zasoby uzupełniające,

V – zasoby statyczne stałe i sprężyste,

t – czas eksploatacji ujęcia równy okresowi szczytowania zasobów statycznych (dla ujęć wody przyjmuje się 10–25 lat, a dla oceny regionalnej 25–100 lat).

Przy tej metodzie obszar badań rozpatruje się w całości w sposób przeważnie analityczny i można jedynie mówić o średnich wielkościach parametrów obliczeniowych. Pozwala ona scharakteryzować uzupełnienie, odnowienie zasobów w pierwszej kolejności w obrębie całego rejonu hydrogeologicznego. Natomiast przy szacunku zasobów eksploatacyjnych dla odcinków zlewni odgrywa podrzędną rolę. Potrzeba takiej oceny zasobów coraz ostrzej zarysowuje się na obszarach większych, silnie uprzemysłowionych miast, gdzie istnieje pod względem ich użytkowania szereg odrębnych ujęć o zatwierdzonych zasobach eksploatacyjnych nie przeanalizowanych w stosunku do:

- 1) wielkości zasobów naturalnych danej jednostki hydrogeologicznej,
- 2) zasobów eksploatacyjnych sąsiednich, z reguły współdziałających ujęć.

Praktycznie z punktu widzenia regionalnego zespół ujęć pojedynczych stanowi często na terenie miasta jedno duże ujęcie. Dlatego zasoby poszczególnych ujęć są w wielu przypadkach zawyżone, bowiem pomijają współdziałanie sąsiednich ujęć, a skoncentrowany pobór wody przewyższa dopływ dynamiczny w użytkowej warstwie wodonośnej. Najkorzystniej w tym przypadku byłoby wykonać badania modelowe z zastosowaniem modelowania matematycznego.

Metoda analityczna bilansu eksploatacji w dokumentowaniu ujęć wód podziemnych, gdy parametr $t \rightarrow \infty$, powinna być stosowana jako metoda kontrolna przy obliczaniu zasobów w strefach zasilania niewielkich zlewni i w problematyce ochrony zasobów ujęcia.

Metody modelowania matematycznego

Powszechne wykorzystanie modelowania do oceny zasobów eksploatacyjnych ujęć wynika z faktu, że stosowane analityczne obliczenia hydrodynamiczne bazowały na daleko idących uproszczeniach. Dokumentowanie zasobów wód podziemnych jest przedsięwzięciem złożonym ze względu na czasowo-przestrzenną zmienność warunków hydrodynamicznych (parametry, warunki zasilania i krążenia wód), skomplikowaną budowę geologiczną zbiorników i niewystarczające rozpoznanie tych elementów do schematu hydrogeologicznego. Zastosowanie modelowania pozwala na weryfikację tego schematu i uwiarygodnienie prognozy hydrogeologicznej (zasobowej), z uwagi na wielokryterialny i wielowariantowy charakter dochodzenia do rozwiązań optymalnych.

Przystępując do budowy modelu numerycznego ujęcia wód podziemnych, trzeba uwzględnić w dyskretyzacji obszaru filtracji możliwość odwzorowania urządzeń drenażowych związanych z danym ujęciem. Według polskiej normy (PN-85/B-01705) ujęcie wody to zespół obiektów inżynierskich przeznaczonych do poboru wody naturalnej. W zakresie terminologii ujęć wód podziemnych w normie podano pojęcia odnoszące się do sposobu rozmieszczenia urządzeń drenażowych:

- ujęcie pionowe – w rozumieniu jego wykonania w postaci pionowych studni wierconych,
- ujęcie poziome – w rozumieniu zabudowy w warstwie wodonośnej pojedynczych drenów,
- ujęcie promieniste – składające się ze studni zbiorczej i podłączonych do niej promieniście kilku lub kilkunastu drenów.

Pobór wody z ujęć odbywa się najczęściej za pomocą urządzeń pompowych (zaspialne pompy głębinowe), rzadziej za pomocą systemów lewarowych i pomp powierzchniowych oraz na zasadzie samowypływu (studnie artezyjskie, źródła naturalne). Sposoby poboru wody i związane z nimi kryteria techniczne muszą być również uwzględniane w badaniach modelowych ujęć.

Każdy z elementów drenażu wymaga odpowiedniego odwzorowania z zastosowaniem siatki dyskretyzacyjnej modelu, pozwalającej na oddanie jego geometrii. Szczególne wymuszenia związane z odwzorowaniem warunków techniczno-eksploatacyjnych zostały przedstawione w publikacji Kulmy i Zdechlika (2010).

O składowych zasilania zasobów eksploatacyjnych danego ujęcia wód podziemnych decydują (Dąbrowski i in., 2011):

- hydrogeologiczne kryteria jego lokalizacji,
 - wielkość ujęcia oraz warunki jego współdziałania z innymi ujęciami.
- Spośród podstawowych kryteriów hydrogeologicznych możemy wyróżnić:
- hydrostrukturalne odnoszące się do rodzaju warstwy wodonośnej, która będzie przedmiotem ujęcia (o zwierciadle swobodnym lub naporowym, środowisko porowe lub szczelinowe), jej relacji do utworów nadkładu i podłoża,
 - hydrodynamiczne odnoszące się do wyboru jednego ze schematów hydrodynamicznych warstw wodonośnych opisywanych równaniami filtracji nieustalonej z identyfikacją na podstawie próbnych pompowań hydrowęzłowych (Theisa, Hantusha, Boultona i inne),
 - systemowe – odnoszące się do położenia ujęcia w danym systemie wodonośnym, układzie krążenia wód i takiego doboru granic modelu numerycznego, aby zamykały one pole filtracji o zasięgu przekraczającym spodziewany obszar zasilania ujęcia,
 - środowiskowe – odnoszące się do interakcji poboru wody z ujęcia ze środowiskiem naturalnym (zasięg i głębokość leja depresji) i środowiskiem antropogenicznym (zabudowa, użytkowanie terenu i wynikające z powyższego zagrożenia dla jakości wód podziemnych).

Do ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia tworzyć należy modele matematyczne o parametrach rozłożonych, pozwalające na ocenę skutków eksploatacji wód prowadzonej w zbiorniku. Opis metod modelowania matematycznego oraz zastosowań do obliczania zasobów eksploatacyjnych ujęć podano w poradnikach:

- „Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Poradnik metodyczny” (Dąbrowski i in., 2004),
- „Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Poradnik” (Dąbrowski i in., 2011).

Zestawienie metod obliczeniowych zasobów eksploatacyjnych ujęć i ocena ich wiarygodności została przedstawiona w postaci tabelarycznej i omówiona w poradniku zasobowym (Dąbrowski i in., 2004). Z tego poradnika przytacza się tabelę 4.1 z charakterystyką poszczególnych metod oraz przedziałami wiarygodności prognoz zasobowych według nich wykonywanych.

Tabela 4.1. Ocena wiarygodności zalecanych metod obliczeń zasobów eksploatacyjnych (Dąbrowski i in., 2004, tab. 6.5–1, s. 188)

Lp.	Grupa metod	Rodzaj metody	System wodo- nośny jednostki		Posiadane dane z rozpoznania		Sto- pień wiarygod- ności metody	Uwagi
			jedno- warst- wowo	wielo- warst- wowo	lokal- nego	lokal- nego i regional- nego		
I	Metody hydrauliczne	metody wykorzystujące zależność $s=f(Q)$ z uwzględnieniem współdziałania studni	+	+	+	+	N N, Śr BN	metody mogą być stosowane tylko dla ujęć małych o wydatku $Q<50$ m ³ /h w jednostkach nieograniczonych lub z granicą zasilającą typu $H=const$
II	Metody hydro- dynamiczne	obliczenia wg wzorów filtracji ustalonej (wzory Dupuita-Thiema)	+	+	+	+	N	metody mogą być stosowane do prognozowania pracy ujęć o wydajności poniżej 100 m ³ /h w jednostkach nieograniczonych, bez współdziałania studni z innymi ujęciami
		obliczenia wg wzorów filtracji nieustalonej (Theisa i Hantusha)	+	+	+	+	Śr BN Śr	
III	Całkowanie graficzne i pseudoustalona siatki hydro- dynamicznej	filtracja ustalona i pseudoustalona – schemat Dupuita	+	+	+	+	N Śr N Śr	metody mogą być stosowane do prognozowania pracy ujęć w jednostkach nieograniczonych z uwzględnieniem współdziałania niewielkiej liczby pojedynczych ujęć pracujących w tej samej jednostce hydrogeologicznej
IV	Metody bilansowe eksploatacji	metody analityczne Bindemana i Bindemana-Boczewiera	+	+	+	+	N Śr BN N, Śr	obliczenia dopływów ze strumieni płasko- i sferyczno-radialnych do ujęć w warunkach monitorowania stanów wód podziemnych
V	Modelowanie matema- tyczne	modelowanie przepływu wód (filtracji)	+	+	+	+	N, Śr W N W N, Śr	metody stosowane zastępczo za modelowanie przy konieczności zbilansowania zasilania dużych ujęć współdziałających; stosowane także jako porównawcze do grup I, II i III
		modelowanie migracji zanieczyszczeń	+	+	+	+	N, Śr Śr N Śr	metody stosowane do prognoz migracji składników: chlorków i innych składników konserwatywnych

Przedziały stopnia wiarygodności prognozy zasobowej: W (wysoki) 20–3–%, Śr (średni) 30–50%, N (niski) 30–50%, BN (bardzo niski) > 50%. W procentach wyrażone są szacunkowe błędy prognozy zasobowej.

Przedziały stopnia wiarygodności prognozy zasobowej: W (wysoki) <20%, Śr (średni) 20–30%, N (niski) 30–50%, BN (bardzo niski) > 50%. W procentach wyrażone są szacunkowe błędy prognozy zasobowej.

5. KWALIFIKACJA HYDROSTRUKTURALNA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW UJĘĆ I ICH ODNIESIENIE DO REGIONALIZACJI SŁODKICH WÓD PODZIEMNYCH POLSKI (WG KLECZKOWSKIEGO, 1988 Z PÓŹNIEJSZYMI ZMIANAMI)

Po przeprowadzonej analizie przykładów ujęć wód podziemnych i ich przynależności do danego typu hydrostrukturalnego zbiorników wód podziemnych względem ich wielkości, genezy, charakteru wodonośców i kontaktów z powierzchnią, wodami powierzchniowymi (Pazdro, 1977) dokonano kwalifikacji do 4 głównych typów:

- I. ujęcia w dolinach rzecznych;
- II. ujęcia porowych wód wgłębnych;
- III. ujęcia w masywach skał szczelinowo-porowych i krasowych;
- IV. ujęcia w pokrywach aluwialnych i zwietrzelinowych.

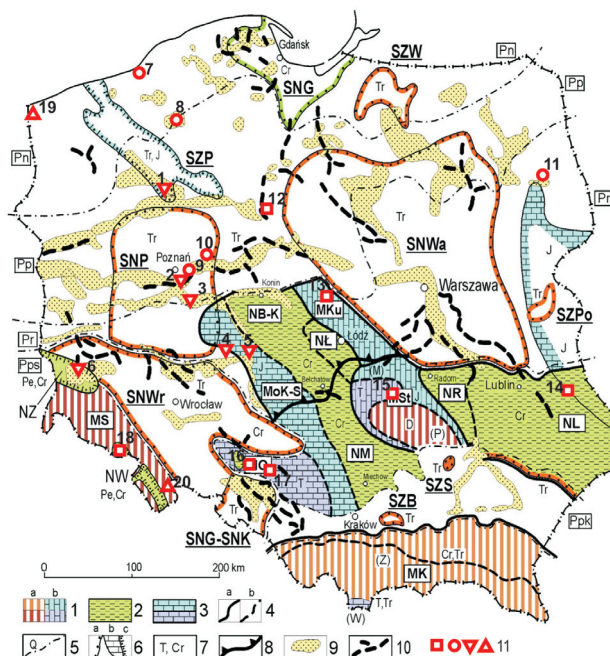
Wyróżnione typy zbiorników charakteryzują się poniżej opisanymi cechami.

Zbiorniki typu I – doliny rzeczne stanowią struktury hydrogeologiczne dolin rzek średnich i dużych oraz pradolin. Ze względu na warstwowość można podzielić je na dwa podtypy:

- a) podtyp struktury jednowarstwowej – jednopoziomowej utworzonej przez cykl osadów piaszczysto-żwirowych wypełniających daną dolinę,
- b) podtyp dolin złożonych o budowie wielowarstwowej, w postaci dolin współczesnych i dolin kopalnych, często w połączeniu z innymi strukturami fluwioglacjalnymi.

Do podtypu Ia należą doliny z ujęciami: Przywale m. Śremu – dolina Warty w obrębie Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej oraz Rakowice w dolinie Bobru. Natomiast do podtypu Ib – struktury dolin współczesnych z okresu ostatniego zlodowacenia lub młodsze od interglacjału eemskiego oraz doliny kopalne z interglacjału eemskiego i wielkiego – zaliczono 4 ujęcia: m. Poznania – Mosina-Krajkowo, ujęcie Kalisz-Lis w dolinie Proсны i Ostrowa Wlkp. w dolinie Ołoboku oraz m. Piły w dolinie Gwdy i jej dopływów: Piławy i Rudy.

Warstwy, poziomy wodonośne tych zbiorników mają silną więź hydrauliczną z rzekami i powierzchnią terenu zarówno w warunkach naturalnych, kiedy są drenowane przez rzeki i stanowią bazy drenażu tych poziomów, jak i warunkach eksploatacji ujęć, kiedy rzeki mogą stanowić źródła ich zasilania. Cechują się miąższością większą niż 10 m i przewodnością powyżej 10 m²/h, co umożliwia trwałą



Rys. 5.1. Mapa regionalizacji słodkich wód podziemnych Polski (Kleczkowski, 1988 z późn. zm. – SH; Dowgiałło i in., 2002) z lokalizacją przykładów ujęć wód podziemnych

Objaśnienia: 1 – masywy M: a – wody szczelinowe, b – wody szczelinowo-krasowe; 2 – niecki N, wody szczelinowe, niekiedy podścielone porowymi; 3 – monoklina Mo, wody szczelinowo-krasowe, niekiedy podścielone porowymi; 4 – granice jednostek: a – głównych, b – podrzędnych; 5 – granice pasm zbiorników czwartorzędowych Q; 6 – granice subniecek SN, subzbiorników SZ i małych niecek permsko-kredowych w Sudetach: a – wody porowe, b – wody szczelinowo-krasowe, c – wody mieszane szczelinowo-porowe; 7 – stratygrafia pięter wodonośnych: Tr – trzeciorzęd, Cr – kreda, J – jura, T – trias, Pe – perm, (M) – mezozoik, (P) – paleozoik, (pP) – przedpaleozoik; 8 – granica południowa młodszej pokrywy utworów Q i Tr nad jednostkami starszymi; 9 – główne czwartorzędowe struktury hydrogeologiczne (wody porowe): moduł zasobów dyspozycyjnych większy od $3,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, czyli przeszło 3 razy większy od średniej $1,1$ i zasoby dyspozycyjne powyżej $100\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ (Kleczkowski, 1991); 10 – ważniejsze czwartorzędowe struktury kopalne; 11 – lokalizacja opisanych ujęć: Δ – ujęcia porowych wód głębinnych, ∇ – ujęcia w dolinach rzecznych, □ – ujęcia w masywach skał szczelinowo-porowych, ○ – ujęcia w pokrywach aluwialnych i zwietrzelinowych

Podział regionalny:

Masywy M: MK – karpacki, podzielony na część wewnętrzną (W) i zewnętrzną (Z) z nałożonymi zbiornikami dolinnymi czwartorzędowymi, zaznaczono granicę między obszarami pogórzskimi (pogórze) i górskimi (góry); MS – sudecki z nieckami śródgórzskimi permsko-kredowymi: zewnętrzną NZ i wewnętrzną NW; MSt – świętokrzyski, podzielony na część paleozoiczną (P) i mezozoiczną (M); MKu – kujawski

Niecki (kredowe) N: NB-K – bełchatowsko-konińska, NL – lubelska, NŁ – łódzka, NM – miechowska, NR – radomska, NO – opolska

Monoklina Mo: Mo K-S – krakowsko-śląska (triasowo-jurajska, podzielona na część triasową T i jurajską J)

Pasma zbiorników wód czwartorzędowych P: Pn – nadmorskie, Pp – pojezierne, Pr – równinne, Ppk – przedkarpackie, Pps – przedsudeckie

Subniecki SN: SNG – gdańska, SNP – poznańska, SNWa – warszawska, SNWr – wrocławska, SNG-SNK – głubczycko-kędzierzyńska

Subzbiorniki SZ: SZB – Bogucice, SZPo – Podlasie, SZS – Staszów, SZW – Warmia, SZP – Pomorze

eksploatację pojedynczej studni 30–50 m³/h i powyżej. Z wyjątkiem ujęcia Rakowice w dolinie Bobru, pozostałe 5 ujęć znajduje się w obrębie głównych zbiorników wód podziemnych GZWP nr 125, 144, 150, 310 i 311 (rys. 5.1).

Typ II stanowią zbiorniki porowych wód wgłębnych w utworach plejstocenu (ujęcia Gruszczyn i Jurowce), plejstocenu – miocenu (ujęcia Bugno, Koszalin – Rieczna) i miocenu (ujęcia Winiary II). W przypadku plejstocenu są to hydrogeologiczne struktury międzymorenowe, zaś w przypadku miocenu stanowią części zbiornika pomorskiego i subniecki poznańskiej (Kleczkowski, 1988 z późn. zmianami). Cechuje je ograniczona więź z powierzchnią terenu i zarazem wodami powierzchniowymi, od których izolowane są nadkładami utworów słabo i bardzo słabo przepuszczalnych o zróżnicowanej miąższości i przepuszczalności, a co decyduje o wielkości zasilania. W ich obrębie uformowane są przejściowe i regionalne układy krążenia wód. Parametry filtracyjne warstw umożliwiają budowę studni o wydajnościach 30–50 m³/h i powyżej. Cztery ujęcia z tej grupy: Bugno, Gruszczyn, Winiary II i Jurowce znajdują się w obrębie GZWP nr 126, 143, 144 i 218.

Wyróżnione powyżej dwa typy struktur przeważają w Polsce północnej i środkowej i są zlokalizowane w pasmach zbiorników czwartorzędowych: nadmorskich (Pn), pojeziernych (Pp), równinnych (Pr) i przedsudeckich (Pps).

Typ III struktur hydrogeologicznych – masywy skał szczelinowo-porowych i krasowych przeważają w Polsce południowej i centralnej, zlokalizowanych jest tu 7 przykładowych ujęć: Gorzeszów w niecce wewnętrznej kredowo-permskiej (krzeszowskiej) masywu sudeckiego, Zagnańsk w części mezozoicznej masywu świętochrzyskiego, dwa ujęcia Kosice i Gliwice–Łabędy w obrębie masywu monokliny krakowsko-śląskiej (MoK-S), ujęcie Graniczna m. Kutna i Las Gdański m. Bydgoszczy w masywie kujawsko-pomorskim (MKu), a ujęcie Borek „Strupin” m. Chełma w kredowej niecce lubelskiej (NL).

Te regionalne zbiorniki cechują się zróżnicowaną tektoniką, litologią i związkami z wodami powierzchniowymi, a także obecnością w nadkładzie lokalnych zbiorników w utworach czwartorzędowych. W większości są to masywy skalne o porowatości szczelinowo-porowej, a w części jak zbiornik kredy dolnej w Bydgoszczy – porowe. Stąd występuje w ich obrębie duża zmienność parametrów filtracyjnych oraz zasilania, co decyduje o parametrach zasobowych ujęć. W obrębie tych zbiorników uformowane są zróżnicowane układy krążenia, od lokalnych po regionalne. Zbiorniki te zostały zaliczone do GZWP nr 140 (Las Gdański), 226 (Graniczna), 330 (Gliwice–Łabędy), 333 (Kosice), 342 (Gorzeszów), 407 (Borek „Strupin”), 414 (Zagnańsk).

Typ IV zbiorników wyróżnionych w opisywanym podziale stanowią pokrywy aluwialne i zwietrzelinowe. Do tego typu zbiorników, mających silny kontakt z powierzchnią terenu, w większości o swobodnym zwierciadle wody, zasilanych wyłącznie opadami, zaliczono zbiornik hydrogeologiczny z ujęciem Wydrzany m. Swinoujścia, który stanowią aluwia plejstoceniskie i holoceniskie tarasów ujściowych Odry do Zalewu Szczecińskiego i Bałtyku w paśmie zbiorników nadmorskich (Pn), oraz ujęcie dla Łądko-Zdroju założone w warstwie zwietrzliny gnejsów prekambryjskich w masywie sudeckim (Ms). Pokrywy aluwialne dla budowy dużych ujęć winny mieć miąższość i przewodność charakterystyczną dla zbiorników

GZWP (miąższość powyżej 10 m i przewodność powyżej 10 m²/h), co nie zawsze jest spełnione jak w przypadku ujęcia Łądek-Zdrój. W ich obrębie uformowane są lokalne układy krążenia wód.

Kwalifikację opisywanych ujęć do danego regionu hydrogeologicznego według Kleczkowskiego oraz w odniesieniu do GZWP podano w tabeli 5.1 w zestawieniu z objaśnieniami do rysunku 5.1.

Tabela 5.1. Kwalifikacja hydrostrukturalna opisanych ujęć wód podziemnych

I. Ujęcia w dolinach rzecznych ▽

Nr ujęcia	Nazwa ujęcia	Rozdział	Symbol jednostki regionalnej*	Przynależność do GZWP
1	Stara Łubianka–Dobrzyca	6.2.2	Pp	125
2	Mosina–Krajkowo	6.2.4	Pp	144/150
3	Przywale	6.2.5	Pp	150
4	Wtórek–Trąba–Kęszyce	6.3.2	Pr	310
5	Kalisz–Lis	6.3.3	Pr	311
6	Rakowice	6.4.1	Pps	–

II. Ujęcia porowych wód głębszych ○

Nr ujęcia	Nazwa ujęcia	Rozdział	Symbol jednostki regionalnej*	Przynależność do GZWP
7	Koszalin–Rzeczna	6.1.2	Pn/SZP	–
8	Bugno	6.2.1	Pp/SZP	126
9	Gruszczyn	6.2.3	Pp	144
10	Winiary II	6.2.6	Pp	143
11	Jurowce	6.3.1	Pr	218

III. Ujęcia w masywach skał szczelinowo-porowych □

Nr ujęcia	Nazwa ujęcia	Rozdział	Symbol jednostki regionalnej*	Przynależność do GZWP
12	Las Gdański	6.5.1	MKu	140
13	Graniczna (Kutno)	7.1.1	MKu	226
14	Borek „Strupin”	7.2.1	Nl	407
15	Zagnańsk	7.3.1	Ms	414
16	Kosice	7.4.1	NO	333
17	Gliwice–Łabędy	7.4.2	NO	330
18	Gorzyszów	7.5.1	NW(PeCr) Ms	342

IV. Ujęcia w pokrywach aluwialnych i zwietrzelinowych △

Nr ujęcia	Nazwa ujęcia	Rozdział	Symbol jednostki regionalnej*	Przynależność do GZWP
19	Wydrzany	6.1.1	Pn	–
20	Łądek-Zdrój	7.5.2	Ms	–

*wg Kleczkowski, 1988 z późn. zm.

6. UJĘCIA WÓD PODZIEMNYCH W PROWINCJI HYDROGEOLOGICZNEJ NIZINNEJ

6.1. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i neogeńskich – subzbiornik pomorski w paśmie nadmorskim

6.1.1. Ujęcie Wydrzany dla Świnoujścia

Maria Wawrzyniak

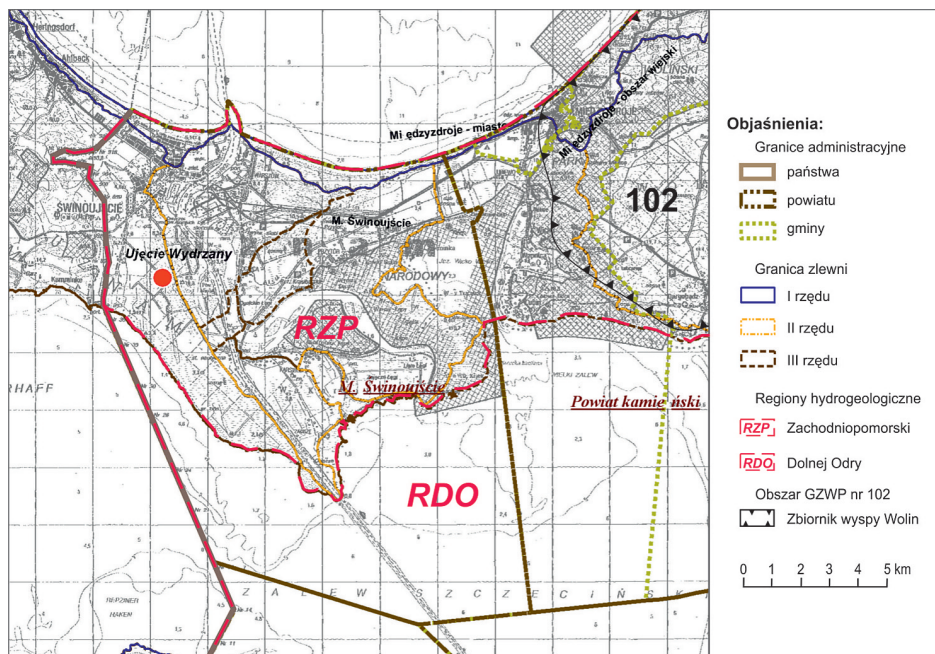
Ujęcie Wydrzany zlokalizowane jest na polskiej części wyspy Uznam, w województwie zachodniopomorskim, na południe od lewobrzeżnej zabudowy miasta Świnoujścia. Tylko niewielka część wyspy, 40 km², należy do Polski, a pozostała, około 380 km², znajduje się po stronie niemieckiej. Geograficznie polska część wyspy Uznam znajduje się w podprowincji Pobrzeże Południowobałtyckie, region Pobrzeże Szczecińskie (Kondracki, 2000). Hydrograficznie obszar ten należy do bezpośredniej zlewni przymorskiej. Wyspa Uznam oblewana jest od północy wodami Zatok Pomorskiej, od południa – Zalewu Szczecińskiego. Oba te zbiorniki odgrywają decydującą rolę dla stosunków hydrograficznych.

Podział administracyjny i hydrograficzny oraz położenie omawianego ujęcia na tle regionów hydrogeologicznych Polski przedstawiono na rysunku 6.1.1.

Miasto Świnoujście jest miastem na prawach powiatu, miejscowością uzdrowską i portem. Na wyspie Uznam znajduje się centrum administracyjno-usługowe, dzielnica nadmorska wraz z obiektami turystyczno-uzdrowskowymi. Mieszka tutaj około 80% populacji Świnoujścia, a w sezonie letnim liczba turystów niekiedy przewyższa liczbę mieszkańców stałych, stąd charakterystyczny dla tego typu miejscowości wzrost zapotrzebowania na wodę w okresie letnim. Gmina Świnoujście jest właścicielem wszystkich ujęć wody podziemnej, z których zaopatrywani są: mieszkańcy, sektor turystyczno-uzdrowski oraz usługowo-przemysłowy. Zakład Wodociągów i Kanalizacji Spółka z o.o. jest operatorem realizującym zadania gminy w zakresie dostarczania wody i odbierania ścieków.

Problem badawczy

W 2009 r. z ujęć położonych na terenie obu części Świnoujścia (wyspy Uznam i Wolin) pobrano łącznie 3 052 831 m³ wody podziemnej z utworów czwartorzędowych. Pobierana woda w 65% jest wykorzystywana przez gospodarstwa domowe,



Rys. 6.1.1. Lokalizacja ujęcia Wydrzany na tle regionalizacji hydrogeologicznej rejonu

a w pozostałej części przez odbiorców prowadzących działalność gospodarczą. Na polskiej części wyspy Uznam, pobrano 2 552 831 m³ wody, w tym z ujęcia Wydrzany 1 745 129 m³, co stanowi 68% zapotrzebowania tej części miasta.

Problem jakości wód holoceno-plejstoceniowego użytkowego poziomu wodonośnego na polskiej części wyspy Uznam jest niezmiernie ważny w obliczu możliwości degradacji jedyne go źródła zaopatrzenia ludności w wodę o jakości nadającej się do spożycia. Ascenzja wód kredowych ze względu na zawartość chlorków powyżej 10 g/l oraz możliwość występowania nieciągłości w izolującej je glinie zwałowej stanowi realne zagrożenie dla jakości wód ujmowanych.

Zasoby ujęcia

W 1977 r. podjęto próbną eksploatację ujęcia, zaprojektowanego w latach 1973–1974, w sytuacji wielkiego deficytu wody w Świnoujściu. Wtedy to największe ujęcie w rejonie północnym zostało zasolone, a woda podawana do sieci miała wyraźny słony smak. W sezonie letnim deficyt sięgał 300 m³/h i występowały dotkliwe braki wody w sieci miejskiej. Zatwierdzona przez prezesa Centralnego Urzędu Geologii Dokumentacja Hydrogeologiczna w kategorii B zawierająca ustalenie zasobów eksploatacyjnych w ilości $Q = 220 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s = 5 \text{ m}$ przewidywała warunkową eksploatację nowego ujęcia wody przez okres 3 lat, z wydajnością $Q = 560 \text{ m}^3/\text{h}$, przy szczytowaniu części zasobów statycznych. Badania podczas eksploatacji próbnej miały dać odpowiedź na pytanie, czy jest możliwe zwiększenie zasobów eksploatacyjnych bez szkody dla środowiska naturalnego, ale przy kontrolowanym wzroście zasolenia warstwy wodonośnej. Sporządzona

w 1982 r., po zakończeniu bardzo szczegółowych badań kompleksowych, dokumentacja zasobowa dla wód podziemnych z utworów czwartorzędowych całej polskiej części wyspy Uznam zawiera ustalenie zasobów eksploatacyjnych w kategorii B w wysokości $Q = 640 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s = 1,0\text{--}10,0 \text{ m}$, a dla ujęcia Wydrzany przyjęto wydajność $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ (Kłyza i in., 1982).

Rozporządzeniem nr 6/2006 dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Szczecinie ustanowiono strefę ochronną w celu ochrony jakościowej i ilościowej wód podziemnych ujęcia Wydrzany, której przebieg przedstawiono na rysunku 6.1.4.

Na obszarze polskiej części wyspy Uznam prowadzony jest monitoring diagnostyczny i operacyjny oraz wspólny ze stroną niemiecką monitoring graniczny.

Historia badań hydrogeologicznych i eksploatacji ujęcia

Deficyt wody w Świnoujściu zaczął być odczuwalny już w pierwszej połowie lat 70. ubiegłego stulecia, w letnich miesiącach szczytowego zapotrzebowania, gdy napływ wczasowiczów zwiększył ilość odbiorców wody z około 30 tys. stałych mieszkańców do około 160 tys.

Dwa ówczesne ujęcia komunalne: Granica (Zachód) i Park (Północ), o łącznej wydajności eksploatacyjnej $620 \text{ m}^3/\text{h}$, nie pokrywały szczytowego sezonowego zapotrzebowania na wodę. Deficyt wynosił pierwotnie około $200 \text{ m}^3/\text{h}$, ale po sezonie nie odczuwano żadnego braku wody.

Rozpoczęte w 1962 r. prace badawcze pod kątem możliwości budowy trzeciego ujęcia wody podziemnej dla lewobrzeżnej części miasta zostały w 1974 r. zakończone. W tym czasie nastąpił także znaczny wzrost stężenia jonu chlorkowego w studniach ujęcia Park (Północ) i eksploatacja tego ujęcia była bardzo problematyczna.

Badania zasobowe w przewidywanym pod budowę ujęcia rejonie południowym (Wydrzany) stwierdzały, że zasoby eksploatacyjne z obszaru alimentującego, o powierzchni $16,27 \text{ km}^2$, których wykorzystanie nie spowoduje zagrożenia dla środowiska wód podziemnych, nawet w latach ubogich w opady wynoszą $Q = 220 \text{ m}^3/\text{h}$. Zasoby eksploatacyjne ujęcia określono na podstawie próbnych pompowań, oceny odnawialności wód podziemnych, w tym opadów, oraz chemizmu wód podziemnych i powierzchniowych (Kłyza, Balanicki, 1973).

Zasoby słodkich wód podziemnych, przy wysokich opadach i z częściowym udziałem wód zmineralizowanych, lecz w takiej ilości, aby woda mieszana nie przekraczała dopuszczalnego dla wód pitnych stopnia mineralizacji, określono na $Q = 560 \text{ m}^3/\text{h}$. Wielkość tę uzyskano w wyniku badań metodą modelowania analogowego przeprowadzonych przez Instytut Kształtowania Środowiska w Poznaniu oraz Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie.

Ta ostatnia wielkość w kategorii dokładności rozpoznania – B – została zatwierdzona warunkowo do 1 stycznia 1979 r., ponieważ sterowanie udziałem wód zmineralizowanych w zasilaniu ujęcia z tak wielu znanych i potencjalnych na tym etapie badań źródeł mineralizacji miało charakter eksperymentalny. Decyzja prezesa Centralnego Urzędu Geologii z 1974 r. zalecała doświadczałne sprawdzenie przyjętej wielkości zasobów eksploatacyjnych poprzez trzyletnią próbną eksploatacją.

W tym celu zaprojektowano i wykonano otwory eksploatacyjne (studnie) ujęcia oraz ustalono zakres szczegółowych badań hydrogeologicznych. W roku 1977 zakończono budowę tzw. I etapu ujęcia i uruchomiono pobór wody z 6 studni, uzyskując łącznie wydajność około $300 \text{ m}^3/\text{h}$, co potwierdziło wcześniejszy wiarygodny szacunek wód podziemnych. Przed spodziewanym uruchomieniem pozostałych studni ujęcia w 1978 r. wykonano kontrolne badania geofizyczne. Wyniki wszystkich wymienionych badań potwierdziły, że przy wydajności ujęcia $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ utrzymanej przez okres 2 lat nie wystąpiła niepokojąca aktywność zagrożeń jakościowych, leżących na kierunku zasilania bocznego, ale podniosła się strefa kontaktowa wód słodkich ze zmineralizowanymi w podłożu o średnio 15 m, lecz w stopniu niezagrażającym jakości ujmowanych wód słodkich. W lipcu 1979 r. zakończono budowę II etapu ujęcia i uruchomiono 11 studni, uzyskując łącznie wydajność około $Q = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ pobieranej wody. Była to z pewnością ilość wody przekraczająca wielkość zasilania atmosferycznego z powierzchni drenowanej przez ujęcie i rozpoczął się proces penetracji wód zmineralizowanych ze wszystkich źródeł zagrożeń w kierunku ujęcia. Już w lutym 1980 r. stwierdzono metodą geofizyczną niepokojące zjawisko dość znacznego spadku oporności elektrycznej w otworach obserwacyjnych leżących w bezpośrednim sąsiedztwie ujęcia od strony północno-zachodniej, co oznaczało wzrost mineralizacji wody. W trakcie badań i eksploatacji ujęcia z wydajnością około $500 \text{ m}^3/\text{h}$ wskazywano co najmniej 7,5-roczny okres potrzebny do szczypania zasobów statycznych wody słodkiej. Zwracano też uwagę na konieczność prowadzenia obserwacji, aby w możliwie krótkim czasie określić krytyczny wzrost mineralizacji i ostatecznie wcześniej podjąć kroki przeciwdziałające jego nadmiernemu postępowi. Najbardziej obawiano się zagrożenia od strony podłoża, które mogło nagle wywołać wzrost mineralizacji w otworach w centrum ujęcia, czyli od razu w otworach eksploatacyjnych. Kontrola ruchu wód zmineralizowanych w podłożu możliwa była tylko za pomocą metod geofizycznych. Stan rozpoznania hydrogeologicznego terenu badań został szczegółowo opisany w „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w rejonie polskiego Uznamu” (Kłyza i in., 1982). Dokumentacja została sporządzona przez Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu Oddział w Poznaniu i anulowała uprzednio zatwierdzone zasoby w kat. B dla ujęcia Wydrzany z $560 \text{ m}^3/\text{h}$ do $300 \text{ m}^3/\text{h}$ na podstawie badań kompleksowych wykonanych w latach 1975–1981 w związku z budową ujęcia (w tym także szeroko zakrojonych badań geofizycznych).

Warunki hydrogeologiczne

Na terenie polskiej części wyspy Uznam występują dwa piętra wodonośne: kredowe oraz czwartorzędowe. Piętro kredowe jest zasolone. Jego mineralizacja chlorkowo-sodowa $1,8 \text{ g/l}$ sprawia, że wody są wykorzystywane do celów leczniczych w uzdrowisku. Stanowią one zagrożenie jakościowe dla wód poziomu użytkowego w utworach czwartorzędu. Na znacznym obszarze powierzchnię spągową czwartorzędu budują utwory nieprzepuszczalne bądź słabo przepuszczalne (gliny, mułki, iły) miejscami nie zapewniające dostatecznej izolacji przed ascensją wód z podłoża. Południowo-zachodnia część obszaru pozbawiona jest izolacji, bo powierzchnię

spągową budują utwory piaszczysto-żwirowe. Stąd występuje tu bezpośredni kontakt z zasolonymi wodami poziomu kredowego stanowiącymi zagrożenie dla użytkowego, czwartorzędowego poziomu wodonośnego.

W utworach czwartorzędowych występuje jeden poziom wodonośny, który ze względu na fragmentaryczną warstwę nieprzepuszczalną na głębokości 8–13 m, sporadycznie do 18 m p.p.t., jest rozdzielony na dwie, niekiedy trzy kontaktujące się ze sobą warstwy wodonośne – dolną – plejstoceniową o dobrej przepuszczalności, piaszczysto-żwirową, środkową – plejstoceniowo-holoceniową słabo przepuszczalną i górną – holoceniową, piaszczystą, dobrze przepuszczalną. Słabo przepuszczalna seria środkowa to piaski bardzo drobnoziarniste, miejscami zasolone i z namulami organicznymi lub torfami (rys. 6.1.2).

Opisywany poziom plejstoceniowo-holoceniowy jest głównym zbiornikiem wód zwykłych, mimo że w spągu tej warstwy występują wody słone.

Holoceniowa górna, przypowierzchniowa warstwa ma współczynnik filtracji wynoszący $k_{sr} = 1,0$ m/h. Średnia jej miąższość wynosi $m_{sr} = 9,2$ m. Przewodność warstwy waha się w zakresie $T = 5,0$ – $15,0$ m²/h.

Holoceniowa warstwa rozdzielająca ma następujące parametry hydrogeologiczne:

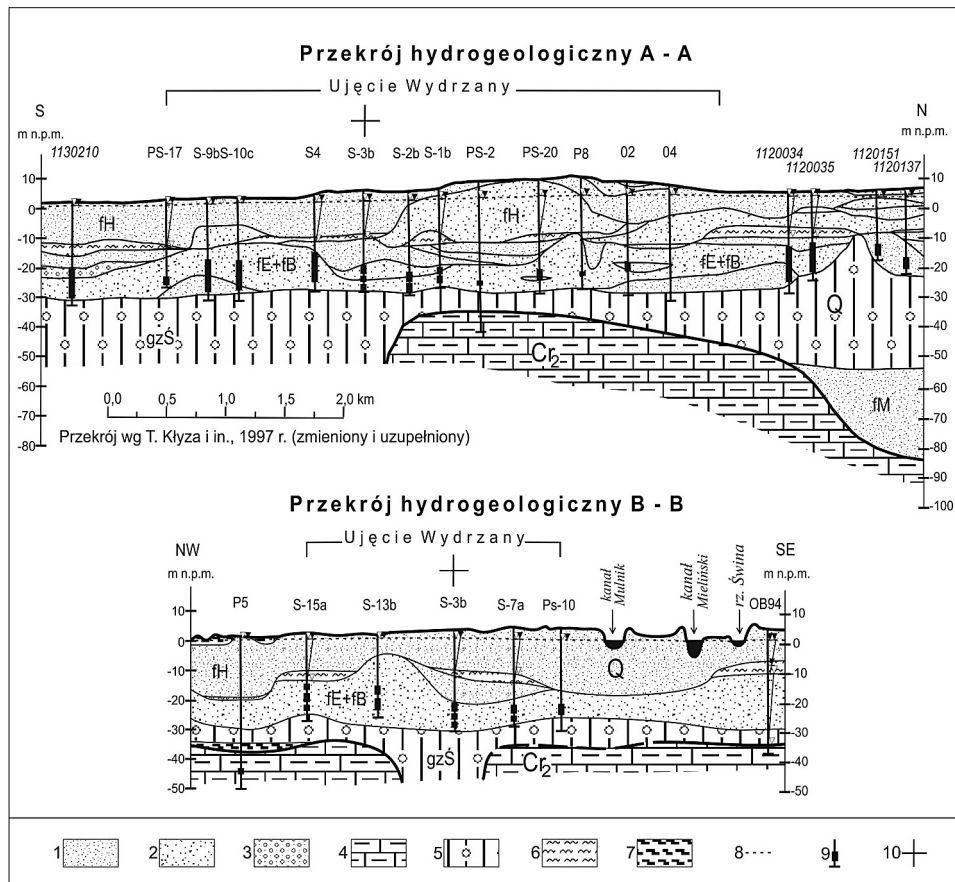
$$k_{sr} = 0,19 \text{ m/h}, m_{sr} = 6,9 \text{ m}, T = 1,4 \text{ m}^2/\text{h}.$$

Dla dolnej plejstoceniowo-holoceniowej, ujmowanej na ujęciu Wydrzany, warstwy wodonośnej ustalono następujące parametry hydrogeologiczne:

$$k_{sr} = 0,86 \text{ m/h}, m_{sr} = 28,0 \text{ m}, T = 25,0 \text{ m}^2/\text{h}.$$

Zwierciadło wód podziemnych warstwy przypowierzchniowej, holoceniowej ma charakter swobodny, a jego głębokość uzależniona jest od morfologii terenu, lekko podnosząc się na wydmach i obniżając na obszarach nisko położonych.

Charakter zwierciadła wód podziemnych w części warstwy plejstoceniowo-holoceniowej uzależniony jest od obecności namulów, które lokalnie powodują napięcie. Zwierciadło napięte na ujęciu stwierdzono w 10 studniach, w których stabilizowało się po nawierceniu zawsze poniżej zwierciadła wód gruntowych. Zwierciadło swobodne dla tej warstwy występuje w 7 studniach ujęcia. Zwierciadła obu warstw zarówno w stanie naturalnym, jak i pod wpływem eksploatacji, choć wykazują podobne konfiguracje, utrzymują się stale na różnych poziomach. Naturalny kształt powierzchni zwierciadła wody uległ zaburzeniu wskutek eksploatacji wód podziemnych i działalności przepompowni melioracyjnych. Zmiany stanów zwierciadła wody uzależnione są także od warunków przyrodniczych, ciśnienia i opadów oraz stanu wód powierzchniowych. Obniżenie zwierciadła wody na omawianym ujęciu wskutek jego eksploatacji wynosi 0,5 m. Zasilanie warstwy wodonośnej następuje poprzez bezpośrednią infiltrację wód opadowych oraz dopływ boczny z zachodniej wysoczyzny. Woda opadowa infiltruje przez strefę aeracji do zwierciadła wód podziemnych, następnie jej część odpływa do wód powierzchniowych Świny, Mulnika i Zalewu Szczecińskiego, a część drenowana jest przez przepompownie i system melioracyjny. W zależności od stanu wód powierzchniowych następuje w wysokim zasilanie, a w niskim drenaż wód podziemnych. Występujące od powierzchni piaski wydmy odznaczają się dobrą przepuszczalnością co sprawia, że warunki zasilania wód podziemnych poprzez strefę aeracji są tu bardzo korzystne.



Rys. 6.1.2. Przekroje hydrogeologiczne przez ujęcie Wydrzany

Objaśnienia: litologia osadów: 1 – piaski drobnoziarniste, 2 – piaski różnoziarniste, 3 – piaski ze żwirami, 4 – margle, 5 – gliny zwalowe, 6 – mulki, 7 – torfy, 8 – zwierciadło wód podziemnych, 9 – otwory hydrogeologiczne, 10 – miejsce przecięcia przekrojów; stratygrafia: czwartorzęd (Q): H – holocen, B – zlodowacenie bałtyckie, E – interglacjał eemski, M – interglacjał mazowiecki, S – zlodowacenie środkowopolskie; mezozoik: Cr₂ – kreda górna; facje osadów: f – osady rzeczne, gz – gliny zwalowe

Według dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia w kategorii B z 1982 r. do sporządzenia bilansu wodnego ujęcia przyjęto następujące dane wyjściowe:

- obszar zlewni ujęcia – około 20 km²,
- średni współczynnik filtracji dla warstw: holocenska – 1,0 m/h, plejstocenska – 0,86 m/h,
- średni opad roczny – około 565 mm,
- ewapotranspiracja roczna – około 363 mm,
- infiltracja efektywna roczna – około 202 mm,
- średni moduł zasilania – 23 m³/h/km².

Zasilanie warstwy wodonośnej następuje w okresie od października do kwietnia, natomiast od kwietnia do września następuje wykorzystanie rezerw zgromadzonych w okresie efektywnej infiltracji. Na podstawie powyższych danych sporządzo-

no bilanse dla różnych wariantów wykorzystania ujęcia. Graniczną wartością, przy której ujęcie bazuje na zasobach słodkich wód infiltracyjnych, jest pobór w wysokości do 300 m³/h. Przy tej wielkości poboru lustro wody może obniżyć się o 1,0–1,5 m (maks. 2,0 m), a zasięg oddziaływania nie obejmuje terenów oczyszczalni ścieków i wysypiska śmieci. Przy poborach większych od 300 m³/h następuje napływ zasolonych wód powierzchniowych.

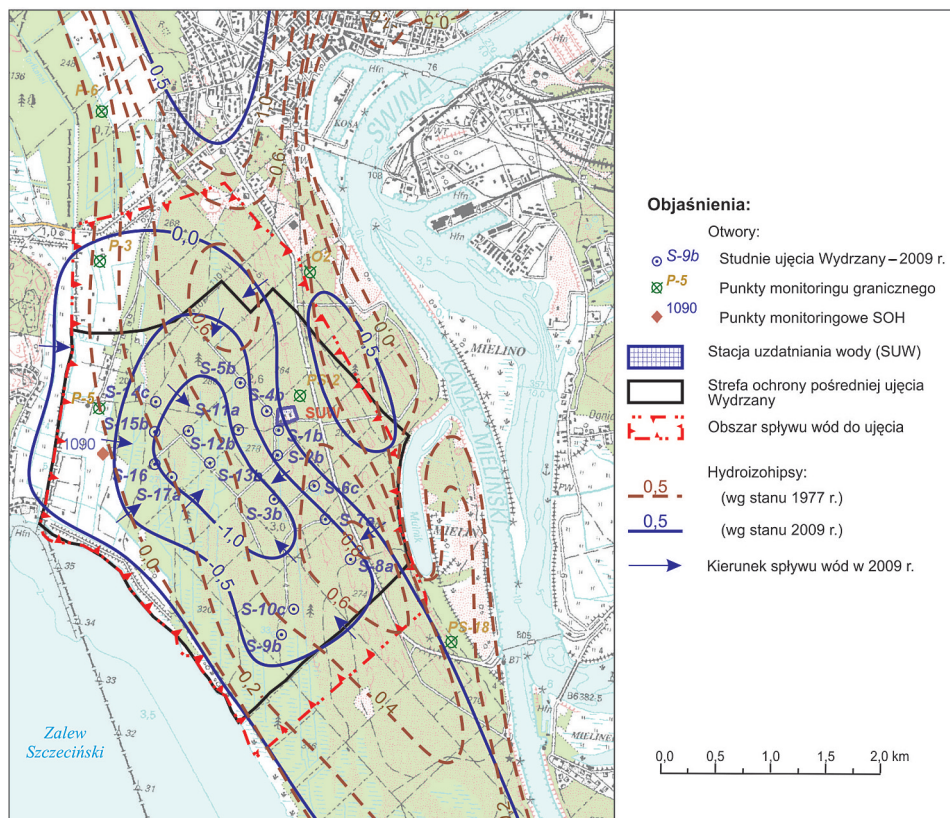
Eksploatacja ujęcia Wydrzany w latach 1975–1985 spowodowała powstanie regionalnego leja depresji, opartego na południowym zachodzie o Zalew Szczeciński, a na wschodzie o kanał Mulnik, a przez to – wzrost ingresji wód zasolonych z obu tych zbiorników oraz ascenzji wód z podłoża i przemieszczanie się ich w kierunku centralnej części terenu w wyniku naruszenia zasobów statycznych wody słodkiej i wtargnięcia wód zasolonych z podłoża kredowego. Natomiast na północ od ujęcia lej dotarł do nieczynnego składowiska odpadów i oczyszczalni ścieków, uruchamiając tym samym przepływ zanieczyszczeń antropogenicznych z tych obiektów w kierunku ujęcia.

Infrastruktura ujęcia oraz jego monitoring

W latach 70. na ujęciu wykonano 17 studni podstawowych (studnie od S-1 do S-17) o głębokości ostatecznej od 21,5 do 34,5 m, na ogół w jednej kolumnie rur wiertniczych o średnicy 508 mm. W otworach studziennych zabudowano filtry siatkowe typu AP-250 i AP-300 oraz szczelinowe CS-300, przeważnie o długości 10 m, z obsypką żwirową. Dla studni ustalono wydajności eksploatacyjne od $Q=28,0$ m³/h do $Q=96,0$ m³/h. Już w roku 1991 wiele studni było nieprzydatnych do dalszej eksploatacji z powodu utraty sprawności na skutek kolmatacji filtrów studziennych i strefy przyfiltrowej.

W latach 1992–1994 wykonano na ujęciu 11 studni zastępczych, o głębokościach 25,0–34,5 m i wydajnościach eksploatacyjnych od $Q=15,0$ m³/h do $Q=46,0$ m³/h. Ograniczenie wydajności eksploatacyjnej nowo powstałych studni, w stosunku do wydatków ustalanych w latach 70., podyktowane zostało zaobserwowanym wzrostem zawartości jonu chlorkowego w wodach ujęcia. Z tego też powodu wykonywano studnie zastępcze w nowych miejscach oraz próbowano zmniejszać głębokości posadawiania kolumny filtrowej, a także wprowadzono filtry PCV-U. Studnie nieprzydatne likwidowano zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Do 2009 r. na ujęciu wykonano łącznie 48 studni. Obecnie w skład ujęcia wchodzi 17 studni wykonanych w różnym czasie. Stan infrastruktury ujęcia w 2009 r. przedstawiono na rysunku 6.1.3. Studnie eksploatacyjne usytuowane są na terenach leśnych i połączone drogami komunikacyjnymi. Są one spięte siecią, którą przepływa pobierana woda na stację wodociągową (SUW). Stacja uzdatniania wody wybudowana w 1994 r., składa się z trzech pracujących niezależnie od siebie ciągów technologicznych o wydajności po 100 m³/h każdy. Pracą studni i SUW steruje program komputerowy, który w zależności od zapotrzebowania wody do procesu technologicznego zmniejsza lub zwiększa jej ilość. Jednocześnie może pracować od kilku do kilkunastu studni. Zastosowana technologia umożliwia usunięcie z wody surowej nadmiernych ilości żelaza, manganu, azotu amonowego substancji huminowych i siarkowodoru. Ponadto wokół ujęcia istnieje sieć monitoringu



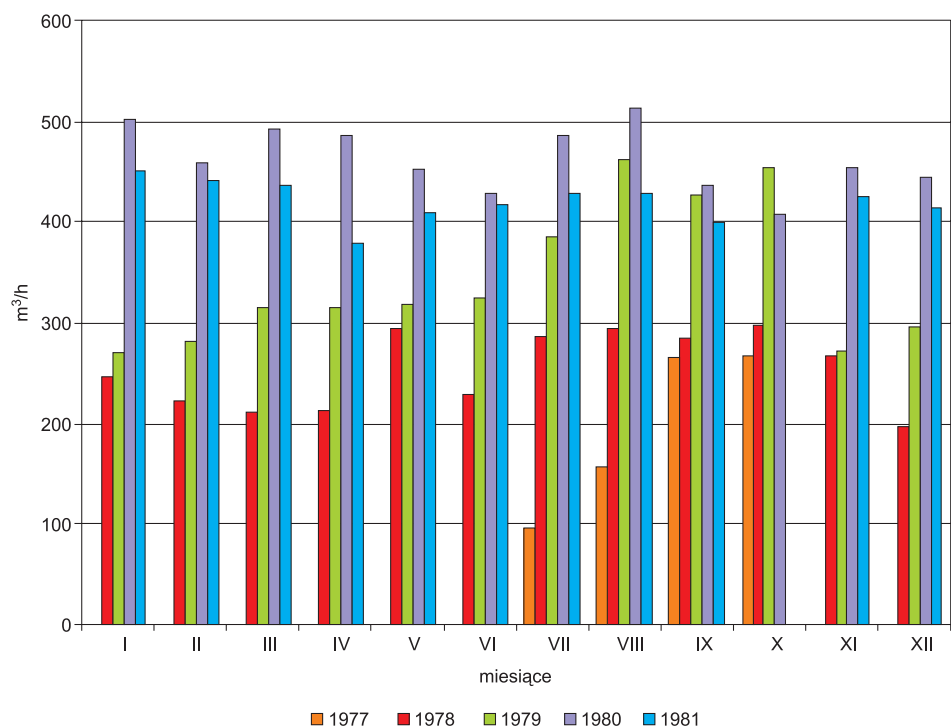
Rys. 6.1.4. Mapa hydroizohips rejonu ujęcia Wydrzany z lat 1977 i 2009

Wydrzany wielkości zasobowych – 300 m³/h w skali roku. Trend w skali lat 1984–2009 wykazuje korzystną, z punktu widzenia odnawialności zasobów użytkowych wód podziemnych, stałą tendencję spadkową ilości poboru wód podziemnych na ujęciu Wydrzany (rys. 6.1.6).

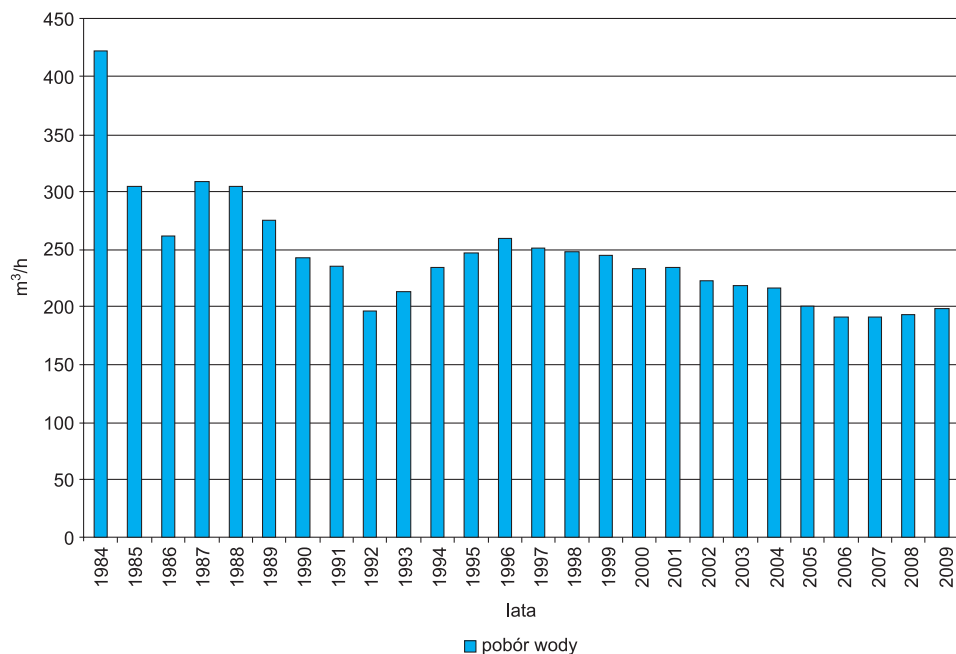
Ten spadek wydajności wynikał częściowo z mniejszego zapotrzebowania na wodę, ale głównie był następstwem obaw, że nadmierny pobór pogłębi niekorzystne zmiany jakości ujmowanych tu wód. Od 1994 r. niemożliwe jest także przekraczanie, nawet krótkotrwale, wydajności eksploatacyjnej ujęcia, z uwagi na uruchomienie stacji uzdatniania wody z ograniczeniem jej produkcji do wielkości Q = 300 m³/h.

Jakość wód i jej zmiany w trakcie eksploatacji

Do oceny tła hydrogeochemicznego holoceno-plejstocenońskiego poziomu wodonośnego wykorzystano analizy wykonane w latach 70., w okresie budowy pierwszych studni. Na ich podstawie określono zakres naturalnego tła hydrogeochemicznego dla takich parametrów fizykochemicznych, jak: twardość, barwa, zawartość jonów chlorkowych, żelaza, manganu i amoniaku, które potraktowano



Rys. 6.1.5. Pobór wody z ujęcia Wydrzany w latach 1977–1981 w ujęciu miesięcznym



Rys. 6.1.6. Średnioroczne pobory wód na ujęciu Wydrzany w latach 1984–2009

jako wskaźniki potencjalnego zanieczyszczenia geogenicznego. W tabeli 6.1.1 podano także średnie arytmetyczne dla ww. jonów z okresu budowy ujęcia w stosunku do średnich zawartości z 2009 r.

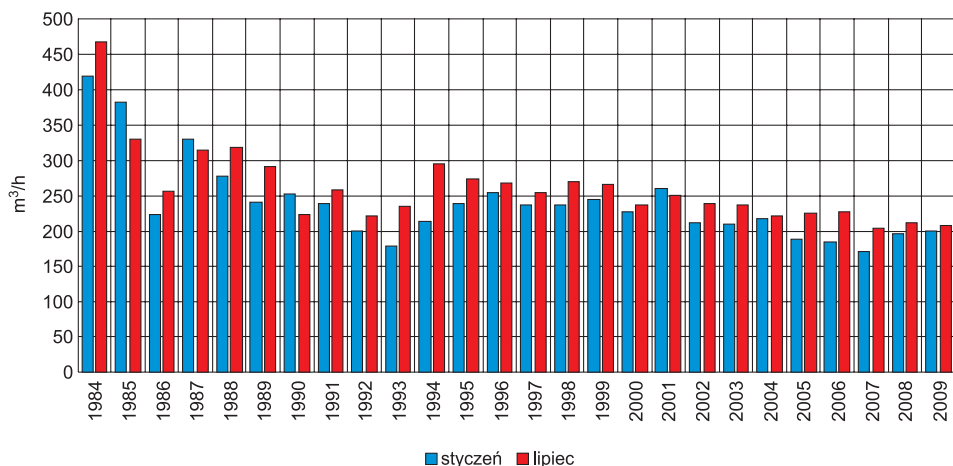
Wyznaczone wartości tła są punktem odniesienia do oceny zmian jakości wód. Wody poziomu holoceno-plejstocenońskiego w okresie budowy ujęcia Wydrzany (1976/77 r.), cechowała dobra jakość. Większość wskaźników fizykochemicznych kształtowała się w dolnej skali wartości przyjętych dla norm wód nadających się do spożycia. Związki żelaza i manganu przekraczały dopuszczalne wartości, co jest typowe dla płytko występujących wód podziemnych. Wysokie wartości (do 100 mg/l Pt) barwy tej wody, znacznie przekraczające dopuszczalną normę, również obniżały jej jakość. Wody ujmowane dla celów wodociągowych na ujęciu Wydrzany można zaliczyć (wg klasyfikacji Altowskiego-Szwieca) do wód wodorowęglano-wapniowych. Analiza wyników badań prób wody z ujęcia Wydrzany z 2009 r. (tab. 6.1.1) wykazała, że jakość tych wód uległa zdecydowanemu pogorszeniu w zakresie wszystkich analizowanych parametrów fizykochemicznych.

Na obszarze ujęcia Wydrzany zawartość jonu chlorkowego jest głównym czynnikiem ograniczającym wielkość zasobów eksploatacyjnych. Od uruchomienia ujęcia analizowano wielokrotnie przebieg i rozkład przestrzenny zasolenia, posługując się badaniami geofizycznymi. Najwyższe zasolenie miało przebieg wzdłuż linii łączącej studnie S-8a z S-16. Strefę tę okalały studnie o stężeniach chlorków wskazujących na początkowe stadium przekształceń geogenicznych.

Po ostatnich badaniach, przeprowadzonych w 2006 r., stwierdzono, że pomimo znacznego ograniczenia poboru wody z ujęcia, zasolenie warstwy holoceno-plejstocenońskiej postępuje nadal. Migracja chlorków przemieszcza się od Zalewu Szczec-

Tabela 6.1.1. Porównanie parametrów fizykochemicznych wody ze studni z okresu ich budowy (lata 70. XX w.) w stosunku do wyników z 2009 r.

Parametr		Twardość	Barwa	Cl ⁻	Fe ²⁺	Mn ²⁺	NH ₄ ⁺
		[mgCaCO ₃ /l]	[mgPt/l]	[mg/l]			
Wartość średnia	'70	111,7	35,1	17,8	0,54	0,17	0,23
	2009	297	51	193	2,12	0,50	1,61
Wartość minimalna	'70	80	5	11	0	0	0,04
	2009	244	28	72	0,91	0,32	1,05
Wartość maksymalna	'70	159	120	25	2,3	0,5	0,6
	2009	338	105	202	2,60	0,76	2,38
Zakres tła hydrogeochemicznego		80–119	5–64	16–21	0–0,5	0–0,29	0,04–0,28
Procent analiz w zakresie tła	'70	73,30	86,70	68,75	62,50	81,25	68,75
	2009	0,00	70,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartości dopuszczalne dla wód pitnych		60–500	15	250	0,2	0,05	1,5
Procent analiz spełniających wymogi dla wód pitnych	'70	100,00	40,00	100,00	50,00	18,75	100,00
	2009	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00



Rys. 6.1.7. Zestawienie średniego godzinowego poboru wody w latach 1984–2009 w styczniu i lipcu

cińskiego w kierunku północno-wschodnim oraz wschodnim i obejmuje coraz większy obszar. Największe średnioroczne przyrosty zasolenia oraz ich coraz płytsze występowanie w młodych utworach plejstocénskich zaobserwowano wzdłuż linii na kierunku NW–SE łączącej studnie S-16 z S-8. Jest bardzo prawdopodobne, że związane jest to z przebiegającą w tym miejscu strefą tektoniczną, wzdłuż której migrują wody zasolone z utworów kredy. Spękania i uskoki w utworach mezozoiku służą jako drogi ascensyjny wód słonych, tworząc okna hydrogeologiczne, umożliwiające przepływ wód słonych do osadów plejstocenu. Jedynie północna część ujęcia Wydrzany nie wykazuje znacznych tendencji do zasolenia.

W okresie budowy ujęcia szczególną uwagę zwracano na badania zawartości jonu chlorkowego, mimo że woda zawierała wtedy niewielkie jego ilości, w granicach 12–26 mg/l. W 2009 r. zawartość jonu chlorkowego w poszczególnych studniach wahała się od 23 mg/l w studni nr S-14c do 847 mg/l w studni S-16. Z powodu zasolenia wód w toku wykonywania studni zastępczych zmieniano lokalizacje takich studni. Aktualne zasolenie w poszczególnych studniach ujęcia przedstawiono na rysunku 6.1.8.

Dla zobrazowania stopnia skomplikowania zagadnienia związanego ze wzrostem zasolenia pokazano na rysunku 6.1.9 przebieg zasolenia w dwóch oddalonych od siebie o około 300 m studniach. W trakcie eksploatacji wykonano już kilka otworów zastępczych, ale umownie nadal są to studnie S-3 i S-6 od początku eksploatacji w tej samej lokalizacji. Pomimo podobnych warunków eksploatacji i zbliżonych parametrów hydrogeologicznych, zasolenie w studni S-3 drastycznie wzrasta, a w studni S-6 utrzymuje się na stałym niskim poziomie.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że największym zagrożeniem dla ujęcia Wydrzany jest postępujący proces zasalania holocénsko-plejstocénskiej warstwy wodonośnej, którego głównymi przyczynami są:

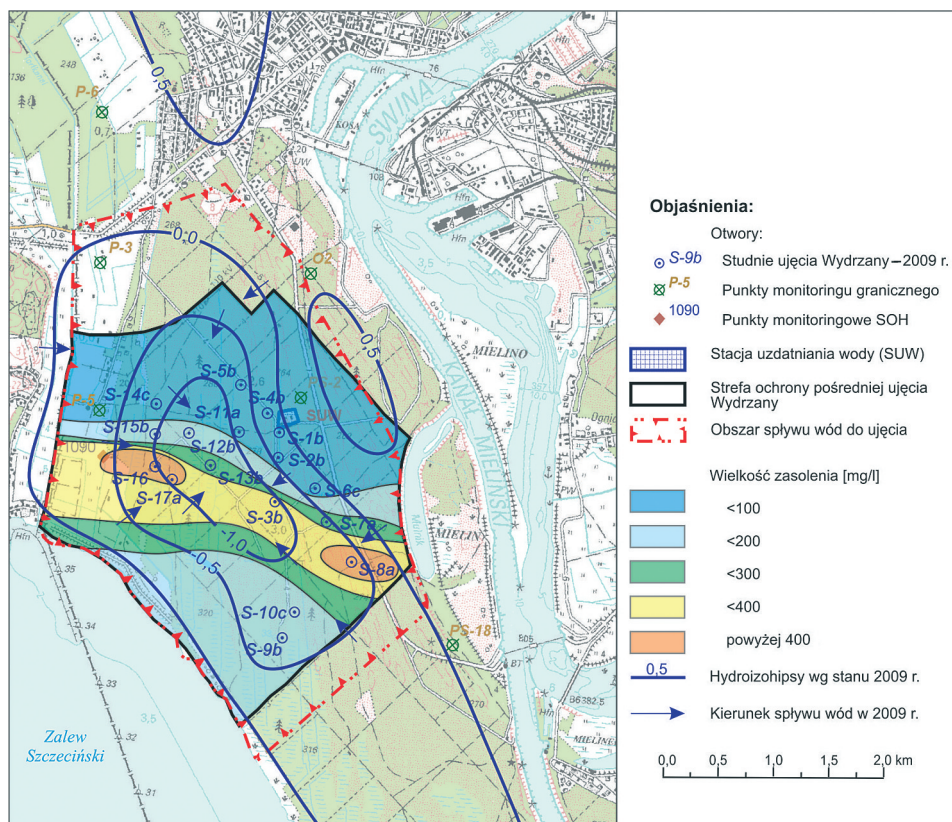
- w centralnej części ujęcia – ascensyjny pionowy dopływ wód zasolonych z utworów kredowych,

- na jego obrzeżach – boczny dopływ wód zasolonych od Zalewu Szczecińskiego (w części południowo-zachodniej ujęcia) oraz od kanału Mulnik i rzeki Świny (w części wschodniej ujęcia).

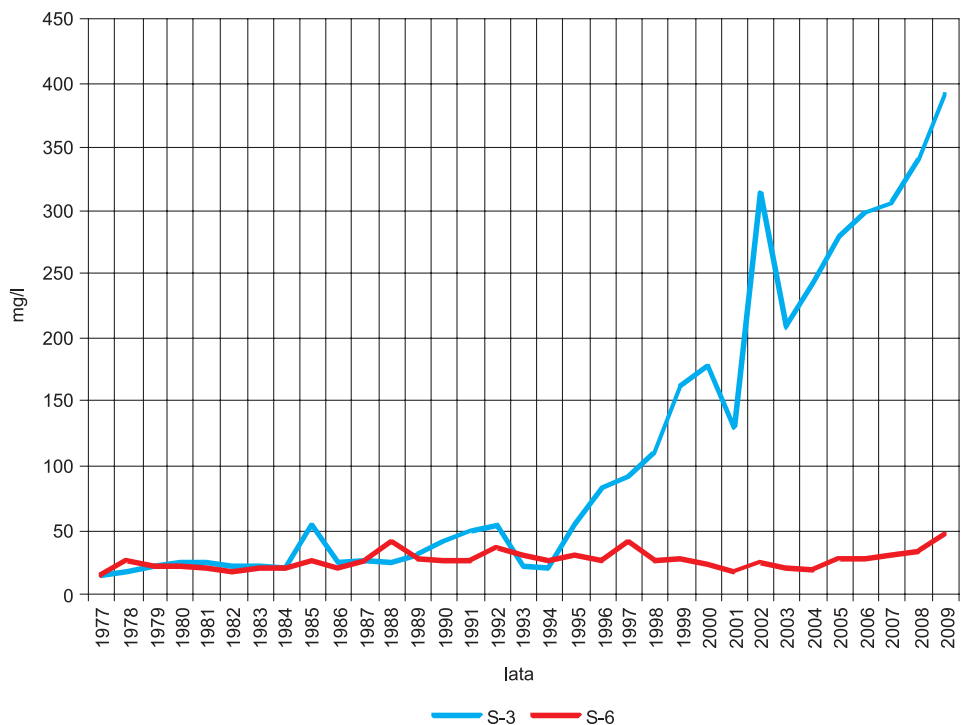
Predysponowanym kierunkiem migracji wód zasolonych z utworów kredy jest strefa o kierunku NW–SE, przebiegająca wzdłuż linii łączącej najbardziej zasolone studnie ujęcia S-8 i S-16. Zlokalizowane w jej obrębie studnie ulegają szybkiemu zasoleniu. Najprawdopodobniej jest to tektoniczna strefa dyslokacyjna, wzdłuż której następuje ascenzja wód zasolonych z podłoża. Istniejące w tej strefie studnie należy wyłączać stopniowo z eksploatacji.

Należy sądzić, że przyczyną zasolenia jest naruszona w przeszłości (tj. w latach 70. i 80. XX w.) równowaga bilansowa pomiędzy odnawialnością wód słodkich, pochodzących z infiltracji opadów atmosferycznych, a poborem wód.

Pomimo znacznego ograniczenia średniorocznej wydajności eksploatacyjnej na ujęciu Wydrzany (do ok. 200 m³/h) w porównaniu do lat ubiegłych (od 500 do 300 m³/h), zasolenie plejstocénskiego poziomu wodonośnego nadal postępuje i obejmuje coraz większy obszar, ale zmniejsza się jego tempo. Natomiast wpływ zanieczyszczeń antropogenicznych na jakość ujmowanych wód jest mniej znaczący.



Rys. 6.1.8. Zasolenie rejonu ujęcia Wydrzany w obrębie jego strefy ochrony pośredniej



Rys. 6.1.9. Zawartość jonu chlorkowego w studniach ujęcia Wydrzany nr S-3 i S-6 w latach 1977–2009

Nie zagrażają ujęciu zanieczyszczenia antropogeniczne z położonego na północ od niego nieczynnego składowiska odpadów komunalnych oraz oczyszczalni ścieków. Powodem może być znaczne ograniczenie ich migracji związane ze zmniejszeniem poboru wody na ujęciu lub ich zmniejszona emisja z ww. obiektów. W związku z wykształceniem litologicznym oraz postępującym procesem zasalania, preferowaną lokalizacją nowych otworów studziennych jest kierunek północny.

Reasumując, należy podkreślić, że w przypadku analizowanego ujęcia główne zagrożenia dla jakości wód (ascenzja, ingresja wód zasolonych, podwyższona zawartość oraz mineralizacja substancji organicznej) są wynikiem naturalnych uwarunkowań hydrogeologicznych i hydrograficznych wyspy Uznam oraz następstw zbyt intensywnej eksploatacji. Zanieczyszczenia ze źródeł antropogenicznych (oczyszczalnia ścieków, nieczynne składowisko odpadów komunalnych, zbiornik paliw JAR, ogrody działkowe) mają mniejszy wpływ na jakość wody na ujęciu Wydrzany.

Ocena trafności obliczeń i prognoz zasobowych

Eksploatacja ujęcia Wydrzany wykazała, że jej wielkość i zarazem zasoby eksploatacyjne są zależne od:

- warunków hydrogeologicznych i zasilania opadowego czwartorzędowego poziomu wodonośnego,

- wielkości zdepresjonowania, które ogranicza ascenzja wód zasolonych z poziomu kredowego oraz możliwości dopływu wód okresowo zasolonych z Zalewu Szczecińskiego.

Doświadczenie pokazało, że ustalona na podstawie badań terenowych wielkość zasobów eksploatacyjnych dla ujęcia Wydrzany w wysokości $Q=220 \text{ m}^3/\text{h}$ i analizy bilansowania i ustalenia granicznego $300 \text{ m}^3/\text{h}$ w dokumentacjach zasobowych z 1974 r. i 1982 r. mogła być optymalna dla zapewnienia trwałości jakości wód. W sytuacji rosnącego zapotrzebowania na wodę i ogromnego deficytu w sezonie letnim podejmowane próby kontrolowanego wzrostu zasolenia warstwy wodonośnej spowodowały trwałe wzrost zasolenia przy zwiększonym wydatku na znacznym obszarze jego zasilania. W tym względzie nietrafna okazała się prognoza modelowania analogowego $560 \text{ m}^3/\text{h}$ (IKS, Poznań i AGH, Kraków).

Literatura

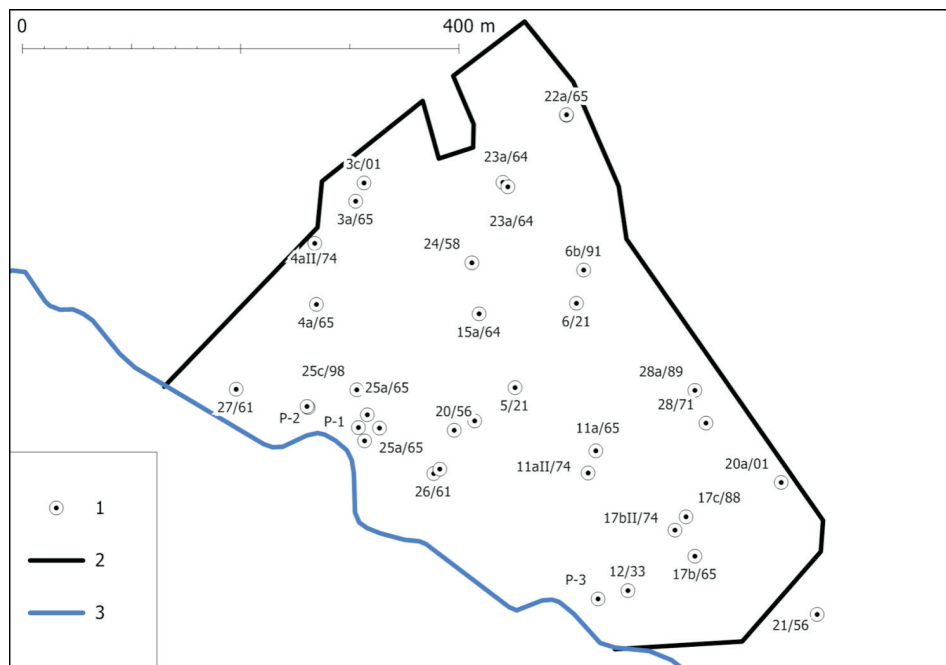
- Barełkowski Z., 2005. Wniosek o ustanowienie strefy ochronnej dla komunalnego ujęcia wody podziemnej „Wydrzany” w Świnoujściu. Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., Świnoujście (maszynopis).
- Kachnic M., 1997. Ingresja wód zasolonych na wyspie Uznam – ujęcie „Wydrzany”, Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. IX, s. 127–133.
- Kłyza T., Balanicki Z., 1974. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów plejstoceno-holoceno w m. Świnoujście, pow. świnoujski. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu.
- Kłyza T., Robińska E., Zborowski K., 1982. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w rejonie polskiego Uznamu. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział Projektów i Dokumentacji Geologicznych w Poznaniu.
- Krawiec A., 2006. Zagrożenia dla ujęć wód słodkich na Wyspie Uznam. Mat. X Międzynarod. Konf. „Hydrogeochemia”, UŚI. Sosnowiec, s. 52–55.
- Kucharski R., 2006. Dokumentacja badań geofizycznych dla określenia lokalizacji studni zastępczych w rejonie ujęcia wód podziemnych „Wydrzany” w Świnoujściu. SEGI-AT Sp. z o.o. na zlecenie ZWiK Sp. z o.o. w Świnoujściu, Warszawa (maszynopis).
- Lis K., Rybka A., Sołtysik J., Żurek A., 1992. Projekt badań hydrogeologiczno-sozologicznych polskiej części wyspy Uznam. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach, Kielce.
- Materiały z monitoringu ujęcia Wydrzany. Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Świnoujściu.

6.1.2. Ujęcie Koszalin–Rzeczna dla aglomeracji koszalińsko-przemyślskiej

Jan Przybyłek

Wstęp

Komunalne ujęcie wód podziemnych w Koszalinie, przy ul. Żwirowej, jest położone nad rzeką Dzierżęcinką. Operatorem ujęcia są Miejskie Wodociągi i Kanalizacja Sp. z o.o., ul. Wojska Polskiego 14, 75-711 Koszalin. Ujęcie czerpie wody podziem-



Rys. 6.1.11. Rozmieszczenie studni i otworów obserwacyjnych w granicach ujęcia komunalnego Rzeczn (Żwirowa) w Koszalinie

Objaśnienia: 1 – studnie i otwory obserwacyjne, 2 – granica ujęcia, 3 – koryto rzeki Dzierżęcinki

średniej ujęcia jest zaznaczony granicą na rysunkach 6.1.10 i 6.1.11, zaś ochroną pośrednią objęto pierwotnie zlewnię rzeki Dzierżęcinki od ujęcia do Jeziora Lubiatowskiego (Lubiatowo).

Położenie geograficzno-przyrodnicze

Ujęcie komunalne i zasadniczy obszar jego zasilania jest związany ze zlewnią rzeki Dzierżęcinki i znajduje się w granicach miasta Koszalina. Miasto zajmuje powierzchnię 84 km² i liczy blisko 108 tys. mieszkańców. Według podziału fizyczno-geograficznego Kondrackiego (2000) Koszalin leży w mezoregionie Równiny Białogardzkiej, wchodzącym w skład makroregionu Pobrzeże Koszalińskie. Na NE od centrum Koszalina w morfologii terenu jest zarysowane pasmo wyniosłości w postaci Wzgórz Chełmskich, o długości 13,5 km i kulminacjach ponad 100 m n.p.m., w tym wyniosłość zwana Krzyżanką (Góra Chełmska) o wysokości 136 m n.p.m.

Wzgórz Chełmskie stanowią wschodnią granicę Równiny Białogardzkiej w formie moreny czołowej lądolodu, zbudowanej z glin zwałowych z porwakami piasków i ilów neogeńskich oraz osadów kemowych fazy pomorskiej (Mojski, Kawecka, 1974). Powierzchnię Równiny Białogardzkiej w obrębie miasta tworzy lekko falista morena denna o wysokości od 30 do 40 m n.p.m. zbudowana z glin zwałowych i piasków wodno-łodowcowych. Koszalin i jego najbliższe okolice położony jest w zlewni rzeki Dzierżęcinki, której powierzchnia wynosi ogółem 150 km², z czego dwie trzecie, czyli około 100 km², przypada na obszar w górę od

miasta. Długość osi podłużnej zlewni wynosi 24 km, a szerokość od 3 do 5 km (Majewska, 1996). Dzierżęcinka ma swoje źródło niedaleko Pradoliny Pomorskiej, w pobliżu miejscowości Wyszewo, a ujście w jeziorze Jamno. Średnia szerokość doliny waha się od 125 do 250 m, a jej koryto w obrębie miasta występuje na rzędnych od 20 do 25 m n.p.m. W hydrogeologicznym podziale regionalnym słodkich wód podziemnych w Polsce rejon Koszalina należy według Paczyńskiego (red., 1995) do regionu pomorskiego (V) – subregion przymorski (V1), a według regionalizacji Kleczkowskiego (1988) – do prowincji hydrogeologicznej nizinnej – pasmo nadmorskie zbiorników czwartorzędowych.

Historia ujęcia i problematyka badawcza

Działalność wodociągu komunalnego datuje się od 1921 r., kiedy to w rejonie ulic: Wodnej (obecnie Żwirowa) i Rzecznej wykonano 6 studni; w 1933 r. było już 13 studni w dwóch barierach: prostopadłej i równoległej do rzeki Dzierżęcinki, wykonanych w lokalnych obniżeniach morfologicznych, tym samym z możliwością ich eksploatacji za pomocą systemu lewarowego, który był stosowany do 1956 r. Rozwój Koszalina w latach po II wojnie światowej wymusił zmianę systemu eksploatacji na system pompowy (za pomocą pomp głębinowych), co umożliwiło pobór wody z większej głębokości i ze zwiększoną wydajnością studni, ale przyczyniło się do wzrostu ich współdziałania w ograniczonej przestrzeni ujęcia w obrębie zabudowy miejskiej. Oszacowane metodą hydrauliczną zasoby eksploatacyjne zostały zweryfikowane po wykonaniu w latach 1964–1965 nowej generacji 9 studni wierconych, które zostały poddane pompowaniom hydrowęzłowym.

W latach 1965–1967 przeprowadzono kompleksowe badania zasobowe (miesięczne pompowanie zespołowe, analogowe badania modelowe), ustalając zasoby eksploatacyjne ujęcia z utworów plejstoceno-miocenów w wielkości 800 m³/h przy depresji 17 m (Kłyza, Przybyłek, 1967, badania modelowe: Szczepański i in., 1966). W trakcie tych badań wdrożono do polskiej praktyki hydrogeologicznej w zakresie dokumentowania eksploatacyjnych zasobów ujęć wód podziemnych metodykę badań filtracji nieustalanej według wzorów Theisa (Kłyza, Przybyłek, 1968) oraz metody modelowania analogowego na integratorze hydraulicznym do prognozowania wydajności i warunków eksploatacji wód podziemnych (Śmiałowski, Szczepański, 1967; Szczepański, 1974).

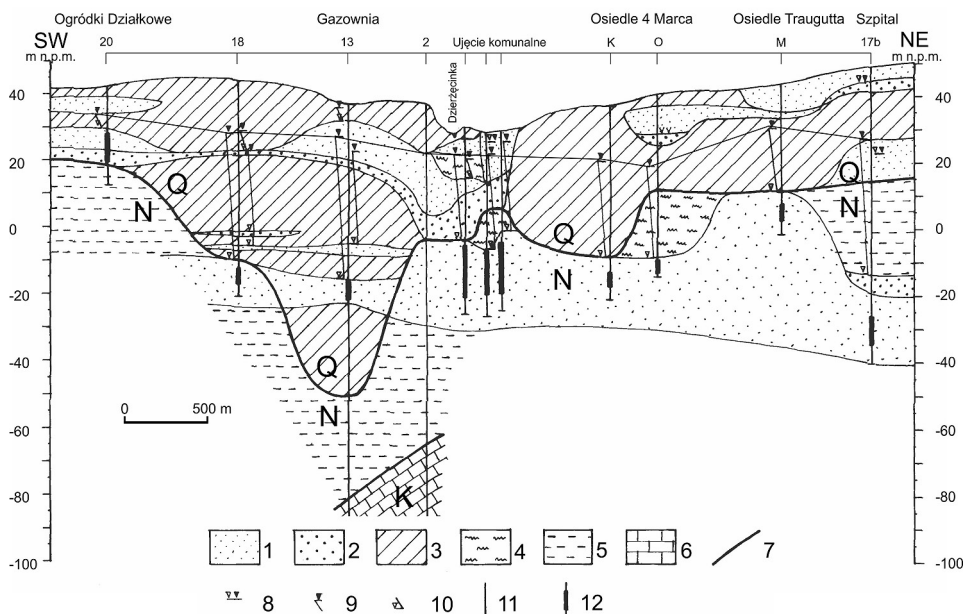
W latach 1970–1973 średnia roczna wydajność ujęcia przekraczała 700 m³/h, sięgając wielkości 730–740 m³/h, a w rozbiórce krótkookresowym wielkości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych, tj. 800 m³/h. Również lata 80. XX w. były okresem dużego poboru wody z ujęcia koszalińskiego, z maksimum w wysokości 778 m³/h średniej wydajności w 1983 r. Skoncentrowany, intensywny pobór z ujęcia, zlokalizowanego zaledwie na powierzchni 25 ha, przyniósł w efekcie znaczne zmiany w składzie chemicznym wody pogarszające jej jakość jako surowca wody do picia, co zostało przedstawione w dalszej części opisu. Jest wielce prawdopodobne, że dodatkową przyczyną pogorszenia się jakości wody na ujęciu komunalnym, oprócz stanu zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego w strefie zasilania ujęcia komunalnego w rejonie miasta, mogło być zmniejszenie się warunków ochronnych spowodowanych odbudową naporu hydrodynamicznego w dekadzie

lat 90. XX w., gdy zmniejszono pobór wody do przedziału 285–400 m³/h, a nawet zaprzestano eksploatacji w latach 1996–1997 w związku z budową nowej stacji uzdatniania wody. W efekcie znacznie zmniejszyła się miąższość strefy aeracji, chroniącej skutecznie wodę podziemną od zanieczyszczeń powierzchniowych w warunkach głębokiego leja depresji. Ujęcie ponownie podjęło pracę w 1998 r. z wydajnością średnią roczną 403 m³/h, utrzymywaną z niewielkimi wahnięciami (370–417 m³/h) w kolejnych latach (Cieślak, 2008).

Zarys budowy geologicznej i warunki hydrogeologiczne

Koszalin leży w pomorskiej części synklinorium brzeżnego. W strukturze Koszalina (antyklina) w spągu kenozoiku występują osady jury górnej (kimeryd) w postaci mułowców marglistych i wapieni z przewarstwieniami margli i piaskowców oraz osady kredy górnej (alb górny i cenoman) w postaci margli ilastych, mułowców i wapieni marglistych i piaskowców (Mojski, Kawecka, 1974). Strop utworów jurajskich nawiercono w otworze na Rynku na głębokości 125 m, tj. na rzędnej 100 m p.p.m., strop utworów kredy napotkano w wierceniu na terenie Zakładu Gazowniczego (rys. 6.1.10, 6.1.12, otwór nr 13).

Na skałach mezozoicznych spoczywają osady paleogenu reprezentowane przez oligocen w postaci margli wapnistych z glaukonitem oraz ilów wapnistych, a u pod-



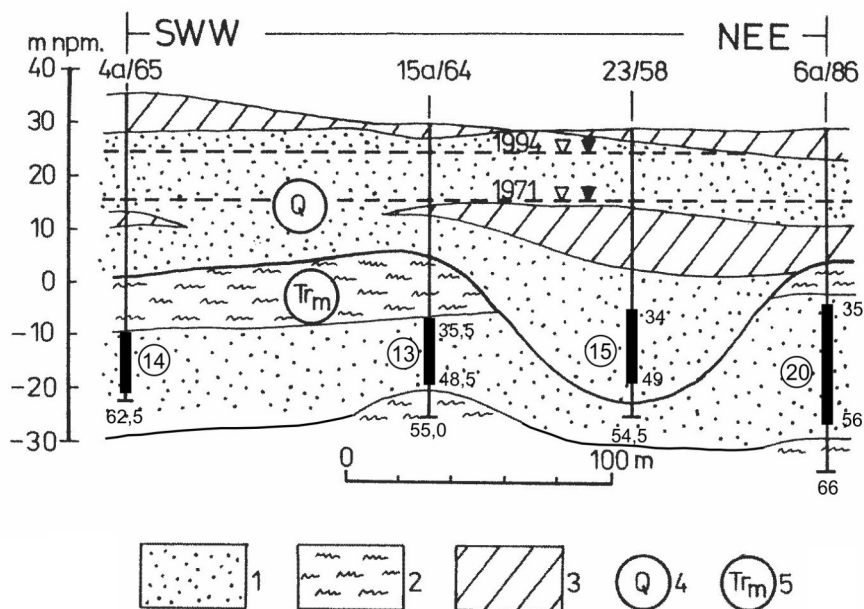
Rys. 6.1.12. Przekrój hydrogeologiczny rejonu Koszalina z pozycją komunalnego ujęcia wód podziemnych

Objaśnienia: 1 – piaski, 2 – żwiry, 3 – gliny zwałowe, 4 – mułki, 5 – ily, 6 – margle, wapienie, 7 – granice stratygraficzne, 8 – zwierciadło swobodne, 9 – ustabilizowane zwierciadło wody poziomu naporowego, 10 – nawiercone zwierciadło wody w warstwie naporowej, 11 – zasięg głębokości wiercenia, 12 – strefa zabudowy filtra studziennego, Q – czwartorzęd, N – neogen, K – kreda

nóza Wzgórz Chełmskich, w rejonie NE miasta, występują piaski drobnoziarniste ze znaczną ilością glaukonitu i łyszczyków zaburzone glaciektonicznie (Majewska, 1996). Rozpoznane w rejonie Koszalina utwory neogenu należą do miocenu. Na podstawie danych uzyskanych z 79 wierceń przewiercających czwartorzęd wyróżniono następujące ogniwa litologiczno-stratygraficzne miocenu koszalińskiego (Majewska, 1996):

- 1 – ły i pyły (seria stropowa),
- 2 – piaski gruboziarniste, żwiry oraz pospółki,
- 3 – piaski bardzo drobnoziarniste i pylaste,
- 4 – ły i pyły (seria spągowa).

Podany schemat jest najwyraźniej spełniony w rejonie komunalnego ujęcia wody Rieczna oraz w otworze nr 2, położonym w sąsiedztwie ujęcia komunalnego, w którym stwierdzono kompletność serii spągowej w postaci łyłów piaszczystych bezwapnystych o barwie szarobrunatnej o miąższości 37 m (rys. 6.1.10, 6.1.12). Drugie ogniwo litologiczno-stratygraficzne miocenu w postaci piasków drobnoziarnistych i pylastych nawiercono w większości otworów wykonanych na terenie ujęcia komunalnego. W stropie tych utworów kończone są wiercenia studienne. Trzecie ogniwo miocenu stanowią osady piaszczysto-żwirowe prawie wyłącznie kwarcowe. Ich pełną miąższość sedimentacyjną, około 20 m, stwierdzono w niektórych otworach na ujęciu komunalnym (rys. 6.1.12, 6.1.13). W części profili wiertniczych miąższość osadów piaszczysto-żwirowych miocenu została zredukowana przez erozję w epoce



Rys. 6.1.13. Przekrój hydrogeologiczny ujęcia Rieczna-Wodna w Koszalinie (Majewska, 1996)

Objaśnienia: 1 – osady piaszczysto-żwirowe, 2 – mułki, 3 – gliny zwalowe, Q – czwartorzęd, Tr_m – miocen; zaznaczono strefy zabudowy filtrów oraz ich długość w m

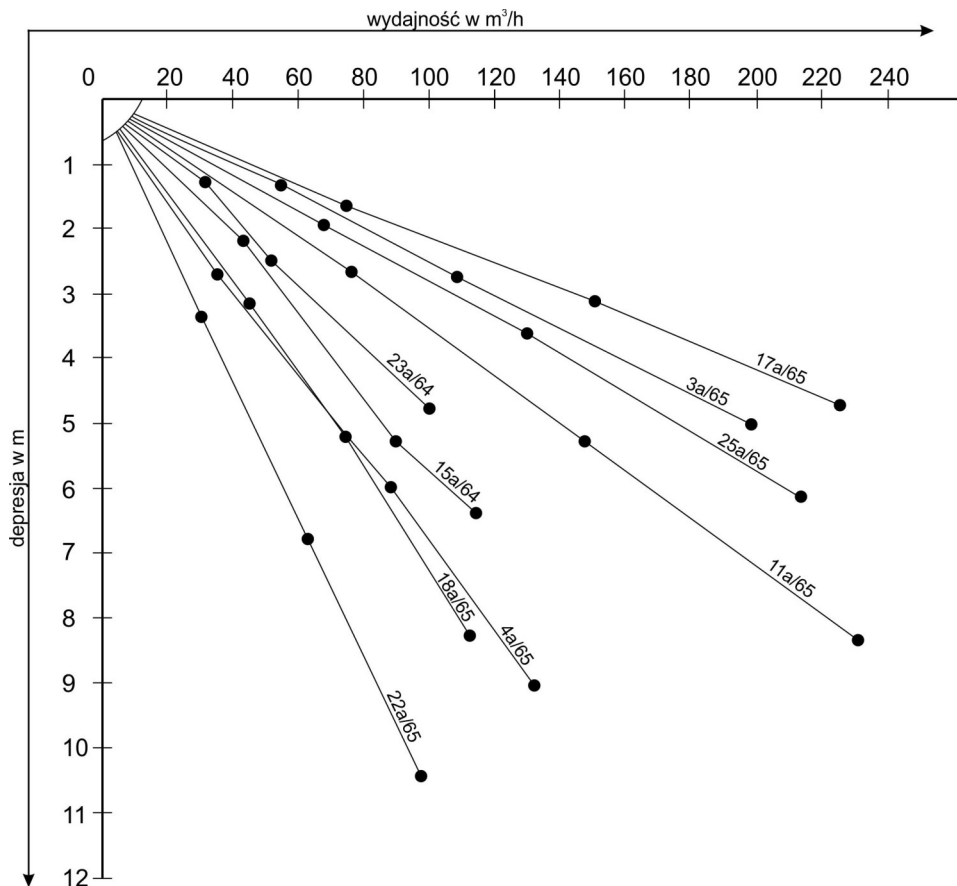
plejstocenu. Serię stropową ilów i pyłów miocenu stwierdzono w niektórych otworach na ujęciu komunalnym (rys. 6.1.12, 6.1.13) oraz w otworze nr 20 na ogródkach działkowych (rys. 6.1.12), a także w otworze 17b na terenie szpitala w NE części miasta u podnóża Wzgórz Chełmskich (rys. 6.1.12).

W rejonie Koszalina układ hydrostrukturalny tworzą trzy podstawowe warstwy wodonośne: dwie wieku czwartorzędowego w postaci osadów młodszego i starszego fluwiogłacjału oraz jedna neogeńska w postaci warstwy piasków i żwirów mioceńskich. Wzajemne ułożenie warstw wodonośnych i rozdzielających warstw utworów półprzepuszczalnych przedstawiono w postaci:

- przekroju regionalnego (rys. 6.1.12) poprowadzonego prostopadle do biegu doliny Dzierżęcinki i doliny kopalnej od rejonu SW miasta (otwór nr 20 – ogródki działkowe przy ul. Lechickiej) przez ujęcie komunalne w kierunku NE w stronę Wzgórz Chełmskich (otwór 17b na terenie szpitala przy ul. Chałubińskiego);
- przekroju lokalnego (rys. 6.1.13) poprowadzonego wyłącznie przez teren ujęcia komunalnego przy ul. Żwirowej.

Z porównania obu przekrojów wynika, że w rejonie ujęcia komunalnego istnieją kontakty hydrauliczne pomiędzy wszystkimi trzema wymienionymi warstwami wodonośnymi oraz że w strefie ujęcia istnieje swobodny charakter zwierciadła wody podziemnej spotęgowany przez utworzony lej depresji. Odmienne warunki hydrogeologiczne kształtują się w centralnej i NW części miasta, gdzie wzrasta stopień wzajemnej izolacji pomiędzy poszczególnymi warstwami wodonośnymi. Zwraca uwagę głębokie rozcięcie erozyjne na NE od Dzierżęcinki i ujęcia komunalnego wypełnione dwoma kompleksami glin zwałowych i brak ciągłości mioceńskiej warstwy wodonośnej w tej strefie. Ciągłość występowania utworów wodonośnych miocenu jest zachowana w kierunku NE – Wzgórz Chełmskich przy wysokim stopniu ich izolacji poprzez pokład glin zwałowych. Przekrój lokalny wskazuje na uprzywilejowany charakter środowiska hydrogeologicznego w rejonie ujęcia komunalnego, wynikający z nałożenia się trzech różnowiekowych warstw wodonośnych. Ujęcie Rieczna stanowi klasyczny przykład rejonu, w którym na skutek wzmożonej erozji i zaistniałej po niej sedymentacji klastycznej doszło do prawie idealnego kontaktu między poziomem plejstocenijskim i mioceńskim. Majewska (1996), opisując warunki hydrogeologiczne ujęcia, podkreśliła, że „nałożenie się obu wodonośców sprawiło, że łączna ich miąższość osiąga skrajnie 50 m, a średnio 37 m. Oba poziomy pozostają w ścisłym związku hydraulicznym, posiadają więc wspólne ciśnienie hydrostatyczne i współzależne warunki zasilania. Zróżnicowanie litologiczne i morfologiczne utworów nakrywających poziom wodonośny powoduje zmienność napięcia zwierciadła wody, nadając mu cechy bardziej zbliżone do poziomu swobodnego niż subartezyjskiego”.

Stwierdzane w trakcie próbnych pompowań indywidualnych wydajności nowych studni kształtują się w granicach od 100 do 225 m³/h z zakresem ich zmienności określonym graficznie postacią funkcji $Q=f(s)$, przedstawionej na rysunku 6.1.14 dla generacji tych studni z lat 1964–1965 (Kłyza, Przybyłek, 1967). Ich wydajności jednostkowe wahały się od 10 do 47 m³/h na 1 m depresji. Obliczone na podstawie próbnych pompowań wartości współczynnika filtracji według wzoru Dupuita i Giryńskiego zmieniają się w przedziale od $1,5 \times 10^{-4}$ m/s do



Rys. 6.1.14. Krzywe $s = (Q)$ z próbnych pompowań otworów rozpoznawczych wykonanych w latach 1964–1965 na ujęciu komunalnym w Koszalinie

$3,5 \times 10^{-4}$ m/s, przy wartości średniej zbioru dla całego ujęcia $2,5 \times 10^{-4}$ m/s (Kłyza, Przybyłek, 1967).

Zasilanie ujęcia komunalnego jest kształtowane przede wszystkim przez dopływ wód podziemnych z płytkiego systemu krążenia, bazującego na infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych w zasięgu zlewni i doliny rzeki Dzierżęcinki, a więc po Jezioro Lubiatowskie oraz warstwę mioceńską z napływem wód podziemnych od Wzgórz Chełmskich – pasma morenowego w NE obszarze miasta. Infiltracja wód rzecznych z koryta Dzierżęcinki ma dla poziomu użytkowego znaczenie minimalne, bowiem w warunkach leja depresji nastąpiła utrata bezpośredniej więzi hydraulicznej małej rzeczki (kolmatacja koryta) z ujmowanym kompleksem wodonośnym, który dodatkowo w stropie jest izolowany madami rzecznyymi. W związku z tym przy braku poboru wody, jak wykazała przeprowadzona w latach 1996–1997 całkowita stabilizacja zwierciadła wody podziemnej, ze studni przy Dzierżęcince miały miejsce samowypływy (Cieślak, 2008).

Opis ujęcia

W ostatnim półwieczu, poczynwszy od 1964 r. gdy przystąpiono do zasadniczej rekonstrukcji ujęcia komunalnego w Koszalinie, wykonano ogółem kilkadziesiąt studni wierconych w kolejnych ich generacjach (rys. 6.1.11). Dlatego w zależności od stosowanych filtrów studnie mają różne konstrukcje (Czabaj, Bartkowiak, 2010). W najstarszych studniach (22a, 23a, 25a), wykonanych w latach 1964–1965 (rys. 6.1.14), zabudowano stosowane wówczas filtry krajowe typu OC i OB w rurach osłonowych $\varnothing$ 457 mm; studnia nr 28 z 1971 r. ma filtr typu AP-300, $\varnothing$ 356 mm z siatką filtracyjną nr 10 i i rury nadfiltrowe wyprowadzone do powierzchni terenu, studnia 6b z 1991 r. ma zabudowany filtr siatkowy z rur stalowych $\varnothing$ 299 mm w rurach osłonowych $\varnothing$ 457 mm, generacja czterech studni (11c, 25c, 3c, 20a) z lat 1998–2001 wyposażona została w nowoczesne filtry z rur PVC $\varnothing$ 225 mm (siatkowe i szczelinowe typu Preussag w rurach osłonowych $\varnothing$ 406 mm i $\varnothing$ 457 mm) i wreszcie ostatnie dwie studnie (17d i 28b) z 2007 r. wykonano również w tej technologii. Studnie mają w przewadze głębokość od 55 do 66 m i w zależności od warunków lokalnych (rys. 6.1.13) ujmują wiekowo różne osady wodonośne z poziomu plejstoceno-miocenckiego. Poczynwszy od 1997 r. woda surowa ze studni trafia do nowej stacji uzdatniania wody znajdującej się na ujęciu wody. Obszar ochrony bezpośredniej ujęcia zaznaczono na rysunku 6.1.11. Na terenie ujęcia znajduje się 6 otworów obserwacyjnych (piezometrów); cztery z nich (P-1, P-2, P-3, P-4) są zlokalizowane wzdłuż koryta Dzierżęcinki, a dwa pozostałe (P-3b), 2/81) wewnątrz zespołu studni ujęciowych. W pomiarach stanów zwierciadła wody są również wykorzystywane wszystkie niepracujące w danym momencie studnie. W poprzednich okresach była możliwość śledzenia stanów dynamicznego zwierciadła wody na ujęciu w licznych punktach obserwacyjnych. Okresowo są też prowadzone obserwacje na terenie miasta Koszalina w okolicznych nieczynnych studniach, w tym studniach publicznych. Obecnie są monitorowane 4 studnie w mieście. Od 1976 r. produkcja wody z ujęcia komunalnego w Koszalinie jest synchronizowana z wydobywaniem wody z ujęcia w Mostowie w Pradolinie Pomorskiej, które jest podstawowym ujęciem zaopatrującym w wodę koszaliński wodociąg grupowy o charakterze regionalnym, bowiem z tego wodociągu są zaopatrywane również okoliczne miejscowości, łącznie z pasem nadmorskim: Sabinowo–Mielno–Unieście.

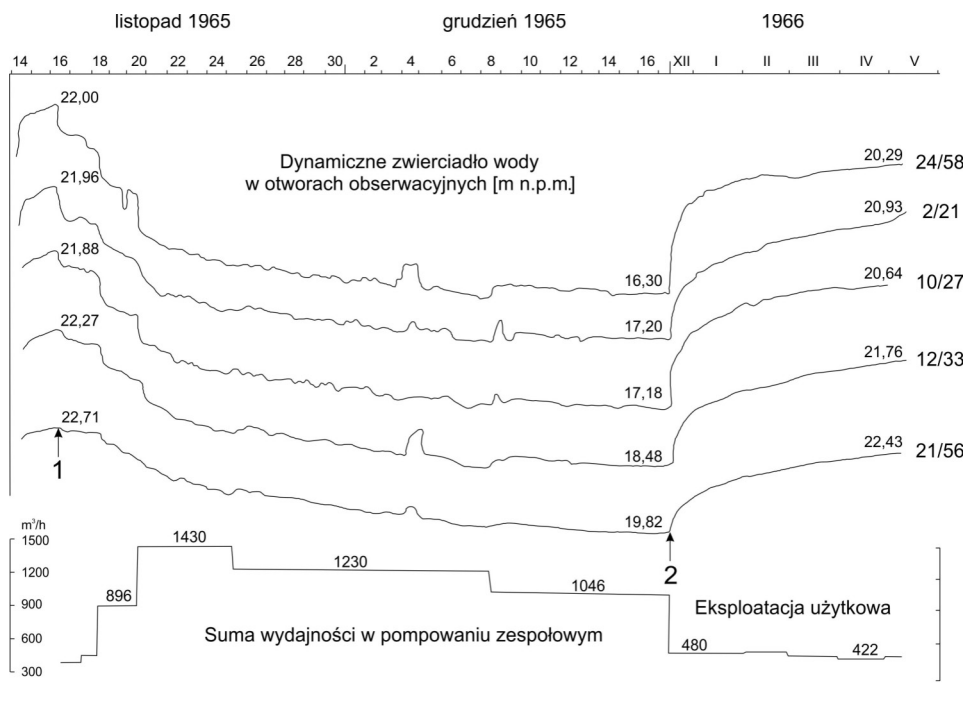
Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Po wykonaniu nowej generacji studni na ujęciu komunalnym w latach 1964–1965 (rys. 6.1.14) przeprowadzono ich pompowanie zespołowe w celu udokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Do eksploatacji zespołowej włączono również niektóre starsze, sprawne studnie. Łącznie w tym czasie dysponowano na ujęciu 17 otworami eksploatacyjnymi o łącznej technicznej przepustowości filtrów 1700 m³/h oraz 20 otworami nie nadającymi się do poboru wody (głównie dawne studnie ujęcia lewarowego), lecz kwalifikującymi się jako punkty obserwacyjne (Kłyza, Przybyłek, 1968). Pompowanie zespołowe, poprzedzone kilkudniową stabilizacją wyjściowego zwierciadła wody, rozpoczęto w dniu 16 listopada 1965 r.

utrzymując na I stopniu pompowania wydajność zespołową w wielkości $Q_1=896$ m³/h, co odpowiadało około 1/2 sumarycznej przepustowości filtrów studziennych. Zgodnie z ówczesną procedurą trójstopniowych pompowań po kilku dniach zwiększono wydajność ujęcia na drugim stopniu dynamicznym do $Q_2=1430$ m³/h, tj. do wielkości nieco ponad 80% sumarycznej przepustowości filtrów studziennych. W tym czasie podstawową część wody z pompowania odprowadzano poprzez skrzynie pomiarowe bezpośrednio do koryta rzeki Dzierżęcinki.

Ponieważ na obu przeprowadzanych stopniach pompowania zespołowego odnotowano systematyczny spadek zwierciadła wody w otworach obserwacyjnych (rys. 6.1.15), poprzez wyłączenie mniej wydajnych studni zdecydowano się nie tylko na odstępianie od III stopnia pompowania z wydajnością $Q_3 = 1700$ m³/h, ale też zmniejszono wydajność pompowania zespołowego najpierw do 1230 m³/h, a następnie w ostatniej fazie miesięcznego pompowania do 1046 m³/h (rys. 6.1.15).

Pompowanie zakończono w dniu 17 grudnia 1965 r. (rys. 6.1.15), nie uzyskując ustalenia się warunków przepływu (filtracja nieustalona). Dalszą eksploatację, już użytkową, a więc wyłącznie do sieci wodociągowej, prowadzono w następnym półroczu z wydajnością w przedziale od 480 do 420 m³/h, wykonując przy tym pomiary wzniosu zwierciadła wody w piezometrach przez okres pięciu miesięcy (rys. 6.1.15). O długotrwałości procesów filtracji nieustalonej w tym swobodno-naporowym poziomie wodonośnym w rejonie ujęcia świadczyło również to, że nie uzyskano w tym czasie ostatecznej stabilizacji powracającego zwierciadła wody.



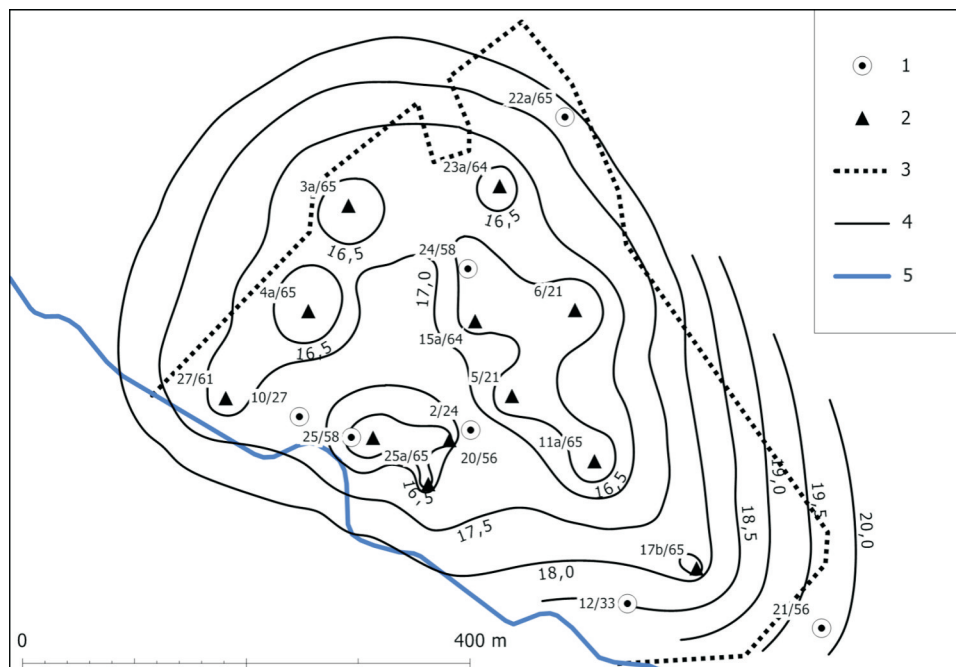
Rys. 6.1.15. Wykresy z pompowania zespołowego studni ujęcia komunalnego w Koszalinie

Pompowanie zespołowe przeprowadzono, aby uzyskać odpowiedź w kwestii maksymalnej, możliwej do uzyskania wydajności z ujęcia pod przyszłe potrzeby miasta Koszalina jako aktywnie rozwijającej się aglomeracji przymorskiej w stronę Mielna. Ukształtowane centrum leja depresji przedstawiono dla jego strefy ochronnej na rysunku 6.1.16 ze świadomością, że lej depresji rozwinął się w tym czasie daleko poza teren ujęcia, o czym świadczyły pomiary reakcji zwierciadła wody w studni gospodarskiej, tzw. studni Majewskiego, położonej w górę doliny Dzierżęcinki w odległości ponad 1 km od ujęcia komunalnego (rys. 6.1.10).

Hydroizohipsy opisujące grupy eksploatowanych studni przy wydajności $Q = 1046 \text{ m}^3/\text{h}$ osiągnęły wartości 16,5 m n.p.m. (rys. 6.1.16), co stanowiło odpowiednio o depresji rejonowej $s_r = 11,5 \text{ m}$ i depresji w studniach eksploatowanych sięgającej rzędnych od 9,5 do 13,6 m n.p.m., tj. przy depresji w tych studniach, od 14,5 do 18,5 m w stosunku do zwierciadła pierwotnego na ujęciu wody.

Ponieważ w pompowaniu zespołowym nie uzyskano wyników umożliwiających określenie ostatecznej wielkości zasobów eksploatacyjnych ujęcia, a to na skutek niustalenia się warunków przepływu wód podziemnych, zdecydowano się na przeprowadzenie po raz pierwszy w Polsce:

- prognostycznych obliczeń analitycznych za pomocą wzoru Theisa opisującego filtrację niustaloną (Kłyza, Przybyłek, 1968),



Rys. 6.1.16. Lej depresji przy końcu miesięcznego pompowania zespołowego studni ujęcia wody Wodna-Rzeczna w Koszalinie (listopad–grudzień 1965 r.)

Objaśnienia: 1 – otwory obserwacyjne, 2 – eksploatowane studnie, 3 – granica ujęcia, 4 – hydroizohipsy, 5 – Dzierżęcinka

- badań prognostycznych z zastosowaniem modelowania analogowego, z wykorzystaniem dla tych celów integratora hydraulicznego umożliwiającego rozwiązanie równania Boussinesqa dla ruchu nieustalonego (Śmietański, Szczepański, 1967).

Obliczenia zasobów eksploatacyjnych za pomocą wzoru Theisa

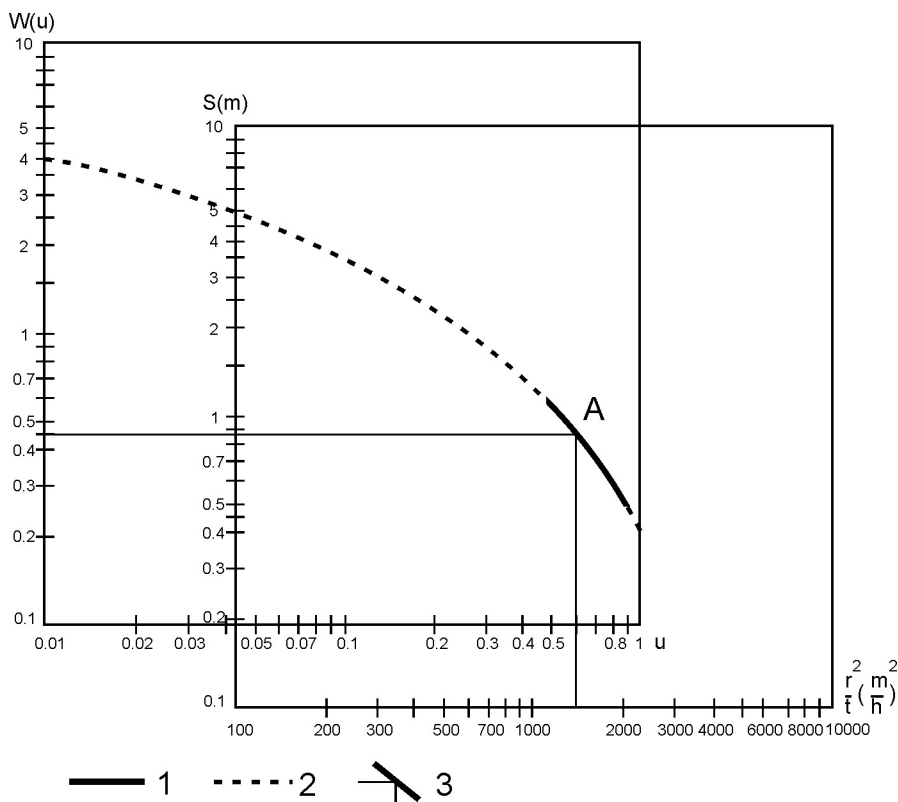
Ponieważ materiał obserwacyjny nie był gromadzony w toku badań pod kątem późniejszego zastosowania metody Theisa, ustalenie odpowiedniego schematu obliczeniowego stwarzało poważne trudności. Ostatecznie przyjęto założenie (Kłyza, Przybyłek, 1968 przy konsultacji T. Macioszczyka z Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego), że zespół otworów eksploatacyjnych stanowi wielką studnię. Wyznaczono metodą graficzną wag poboru wody z poszczególnych studni punkt geometryczny w postaci środka ciężkości poboru wody. Jako reperowy otwór obserwacyjny, względem wyznaczonej wielkiej studni, przyjęto otwór nr 21/56 (nieczynna studnia), najbardziej zewnętrznie usytuowany w stosunku do konturu opisującego zespół eksploatowanych studni (rys. 6.1.16). Odległość pomiędzy wyznaczonym punktem F a otworem 21/56 wyniosła $r=340$ m. Do obliczeń uogólnionych parametrów ujętego kompleksu wodonośnego przyjęto wyniki uzyskane w I fazie pompowania zespołowego z wydajnością $Q = 896 \text{ m}^3/\text{h}$. Z wyników obserwacji w otworze 21/56 sporządzono wykres doświadczalny $s = f(r^2/t)$, który następnie porównano z wykresem funkcji Theisa $W(u)$. Wyznaczono z nałożenia się obu wykresów wspólny dla nich punkt arbitralny A oraz odczytano z tych wykresów jego współrzędne (rys. 6.1.17).

Następnie obliczono parametry kompleksu wodonośnego:

- przewodność $T = Q \cdot W(u) / 4\pi \cdot s = 35,7 \text{ m}^3/\text{h}$,
- współczynnik odsączalności $\mu = 4Tu/r^2/t = 0,064$.

Obliczona wielkość przewodności T przy znanej średniej miąższości zespołu warstw wodonośnych poziomu plejstoceno-miocenckiego $m=37$ m pozwoliła na wyliczenie współczynnika filtracji z zależności $k = T/m = 0,95 \text{ m/h} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, co było wartością bardzo zbliżoną do średniego współczynnika filtracji obliczonego ze zbioru pompowań indywidualnych ($k_{\text{sr}} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$).

Wykorzystując otrzymane uśrednione dla całego ujęcia parametry hydrogeologiczne, przeprowadzono za pomocą przekształconego zapisu równania Theisa obliczenia prognostyczne zasobów eksploatacyjnych ujęcia dla poboru z ustalaniem się warunków przepływu przez okres 20 lat ($t_p = 175 \text{ } 200 \text{ godz.}$). Przyjęto ze względów technicznych (głębokości wylotów rur nadfiltrowych w studniach), że istnieje w rejonie ujęcia możliwość wytworzenia depresji, która w reperowym otworze obserwacyjnym (otwór 21/56) nie może przekroczyć 13,1 m, tj. rzędnej 14 m n.p.m., licząc od zwierciadła statycznego 27,1 m n.p.m. odnotowanego w tym otworze podczas stabilizacji przeprowadzonej na ujęciu w 1952 r.



Rys. 6.1.17. Wykres $\lg s = f(\lg r^2/t)$ z pompowania zespołowego studni ujęcia komunalnego w Koszalinie w 1965 r. na tle nomogramu funkcji Theisa $W(u)$, $u = r^2\mu/4Tt$
1 – krzywa doświadczalna, 2 – krzywa Theisa, 3 – punkt arbitralny

W toku obliczeń wyznaczono wartość argumentu „ u ” funkcji $W(u)$ z obliczenia:

$$u = r^2\mu/4T \cdot t_p = 340^2 \cdot 0,064/4 \cdot 35,7 \cdot 175200 = 0,0003$$

dla odczytania z wykresu wartości funkcji Theisa $W(u) = 7,53$.

Następnie uzyskane wartości podstawiono do przekształconego dla obliczenia Q_e wzoru Theisa:

$$Q_e = 4\pi T s/W(u) = 4 \cdot 3,14 \cdot 35,7 \cdot 13,1/7,53 = 780 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Obliczona wartość zasobów eksploatacyjnych stanowiła element porównawczy w stosunku od obliczeń przeprowadzonych za pomocą modelowania analogowego.

Obliczenia zasobów eksploatacyjnych za pomocą modelowania analogowego

Do obliczeń wykorzystano równanie Boussinesq (1904) dla nieustalonego ruchu wód podziemnych o swobodnym zwierciadle rozpatrywanego dla strumienia płasko-radialnego w postaci (Śmietański, Szczepański, 1967):

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{1}{\mu} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(kh \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(kh \frac{\partial H}{\partial y} \right) \right] + \frac{\omega}{\mu}$$

gdzie:

k – współczynnik filtracji serii wodonośnej,

H – wysokość zwierciadła wód podziemnych,

h – miąższość serii wodonośnej,

t – czas trwania procesu,

μ – współczynnik odsączalności,

ω – wielkość infiltracji z wód opadowych,

przeprowadzając rozwiązanie tego równania za pomocą maszyny liczącej ciągłego działania – integratora hydraulicznego Łujkanowa (rozdz. 4, rys. 4.2). Integrator hydrauliczny umożliwił analizę procesów filtracji w ośrodku porowatym poprzez uproszczone (linearyzowane) rozwiązanie równania Boussinesqa. Na sporządzonym odpowiednio modelu hydrogeologicznym obszaru zasilania ujęcia przeprowadzono testowanie pompowania zespołowego, a następnie na wytarowanym modelu analogowym wykonano prognozy zasobowe ujęcia komunalnego. Badania zostały przeprowadzone przez zespół pracowników Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod kierownictwem A. Szczepańskiego (Szczepański i in., 1966).

Granice obszaru odwzorowania modelowego zakreslono na rysunku 6.1.10, a na rysunku 6.1.18 przedstawiono podział tego obszaru na bloki obliczeniowe (50 bloków); przy czym blokiem nr 36 odwzorowano rejon ujęcia komunalnego. Do rozważań wytypowano obszar o wymiarach $9,5 \times 3,1$ km. Po przeprowadzeniu wstępnych rozwiązań na integratorze hydraulicznym w oparciu o parametry hydrogeologiczne i odniesienie przestrzenne z wykorzystaniem mapy topograficznej w skali 1:25 000 oraz przekrojów hydrogeologicznych (rys. 6.1.12, 6.1.13), a także innych otworów hydrogeologicznych w sąsiedztwie ujęcia – w jego obszarze zasilania i wpływu (Szczepański i in., 1966; Śmiałowski, Szczepański, 1967) przystąpiono do obliczeń prognostycznych.

Dla rejonu ujęcia (blok 36) realizowano zmienny w czasie przebieg obniżenia zwierciadła wody od roku 1952 aż do ustalenia się warunków filtracji. W momencie prowadzenia rozwiązania przy przyjętym toku obliczeń nawiązujących do symulowanej eksploatacji (tab. 1) zakładano, że „końcowe obniżenie zwierciadła wody na ujęciu do rzędnej +11,0 m n.p.m. nastąpi w połowie 1972 r.

Na rysunku 6.1.18 przedstawiono mapy hydroizohips z rozwiązań na modelu analogowym w postaci dwóch plansz:

- górnej – odzwierciedlającej stan hydrodynamiczny dla symulowanej eksploatacji rzeczywistej ujęcia przy jego wydajności $Q_e = 605 \text{ m}^3/\text{h}$ w grudniu 1966 r.,
- dolnej – obrazującej stan hydrodynamiczny w czerwcu 1972 r. przy symulowanym poborze wody w latach 1967–1972 w wielkości $842\text{--}809 \text{ m}^3/\text{h}$ z uzyskaniem stabilizacji dynamicznego zwierciadła wody w studniach na ujęciu na rzędnej 11,00 m n.p.m.

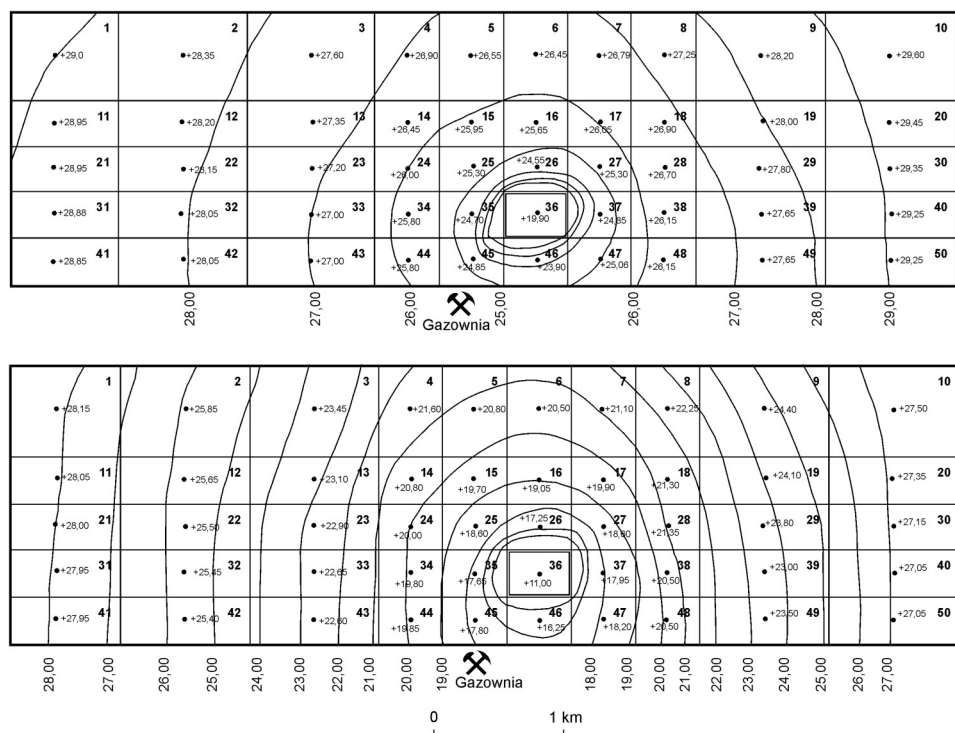
Jako warunki graniczne ciśnienia (naporu hydrodynamicznego) na modelu dla obszarów peryferyjnych przyjęto utrzymywanie w toku rozwiązania stałych wyso-

kości ciśnienia wody na granicach (+28,80 na Jeziorze Lubiatowskim i +26,70 m na granicy zachodniej).

Autorzy rozwiązania modelowego, chcąc uzyskać większą dokładność opracowywanych prognoz, zaprogramowali również przebieg próbnego pompowania ze społowego, przeprowadzonego na ujęciu w końcu 1965 r. (rys. 6.1.15, listopad–grudzień), stosując zmianę skali rozwiązania ze względu na krótkotrwałość tego procesu (rys. 6.1.19).

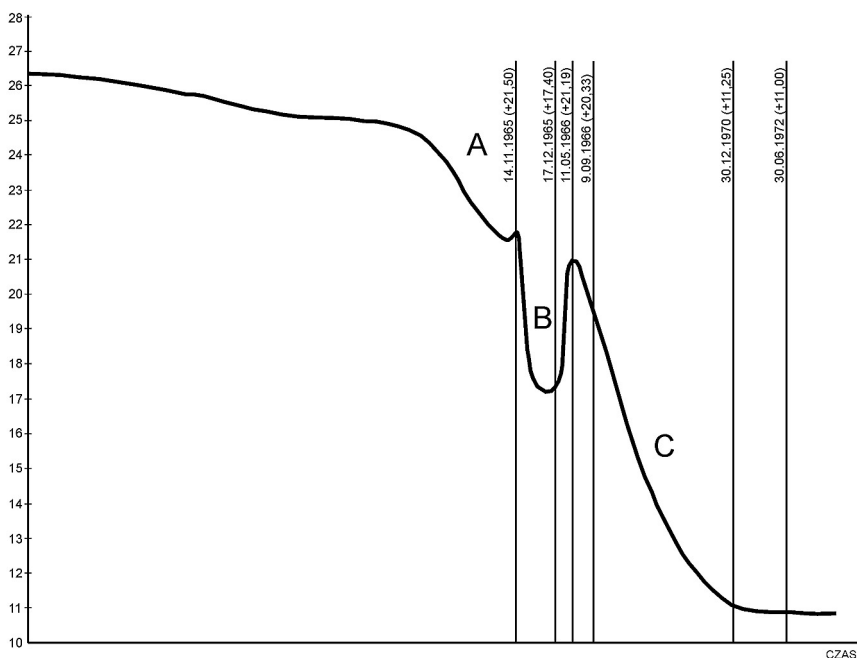
W obliczeniach oszacowano wielkość infiltracji opadów atmosferycznych zasilających miocenijski poziom wodonośny w NE części obszaru na zaledwie 6,5% sumy rocznych opadów (736 mm), tj. 45,6 mm. Podstawowe zasilanie ujęcia komunalnego jest związane z napływem wód podziemnych pasmem doliny kopalnej od strony Jeziora Lubiatowskiego (rys. 6.1.10) i z przyległego do tej doliny od NE obszaru występowania wodonośnego miocenu (rys. 6.1.12).

Autorzy w opracowaniach dokumentacyjnych i publikacji (Śmiateński, Szczepański, 1967) podkreślali, że „wyniki rozwiązania pozwoliły bezpośrednio ustalić zasięg wpływu eksploatacji horyzontu na stan wód podziemnych oraz umożliwiły



Rys. 6.1.18. Mapy hydroizohips (w m n.p.m) w warunkach eksploatacji komunalnego ujęcia wód podziemnych w Koszalinie z rozwiązania analogowego na integratorze hydraulicznym (Szczepański i in., 1966; Śmiateński, Szczepański, 1967): górna – przy istniejącej wydajności ujęcia w grudniu 1966 r. – 605 m³/h, dolna – z prognozy na czerwiec 1972 r. – 809 m³/h; podział obszaru na 50 bloków obliczeniowych; blok nr 36 – odwzorowanie ujęcia komunalnego

WYSOKOŚĆ ZWIERCIADŁA W m. n.p.m.



Rys. 6.1.19. Zadane i programowane obniżenie zwierciadła wody na ujęciu: A – obniżenie zwierciadła wody na ujęciu od 1952 do 1965 r.; B – okres próbnego pompowania (zmiana skali rozwiązania) listopad–grudzień 1965 r.; C – programowane obniżenie zwierciadła wody na ujęciu do ustalenia się warunków filtracji (Śmietański, Szczepański, 1967)

prognozowanie ilości wody eksploatowanej na ujęciu w wybranych momentach czasu, aż do ustalenia się warunków filtracji na obszarze badań”, a także, że „utrzymanie wydajności podanej dla ustalonych warunków filtracji ($809,39 \text{ m}^3/\text{h}$), przy średniej rzędnej zwierciadła wody na ujęciu $+11,0 \text{ m n.p.m.}$, zapewni szczytowanie jedynie zasobów dynamicznych, bez naruszania zasobów statycznych horyzontu wodonośnego”.

Ostateczne rezultaty obliczeń analogowych, otrzymane przy realizowanym i programowanym postępie obniżania zwierciadła wody na ujęciu, zilustrowano w postaci wykresu $s = f(t)$ na rysunku 6.1.19 wraz z opisem zadanych i programowanych obniżen zwierciadła wody na ujęciu komunalnym, a wielkości wydajności podano w tabeli 6.1.2, porównując je z rzeczywistymi pomiarami na ujęciu. Jak wynika z zestawienia (tab. 6.1.2), uzyskano dużą zgodność, rzędu $\pm 1\%$, między wydajnością stwierdzoną pomiarami na ujęciu, a obliczoną na integratorze hydraulicznym.

Na podstawie wykonanych obliczeń do wniosku zasobowego wpisano wielkości zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego w Koszalinie w ilości $Q_e = 800 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s = 17 \text{ m}$, odpowiadającej rzędnej $+11 \text{ m n.p.m.}$ w studniach ujęcia.

Tabela 6.1.2. Wydajność ujęcia komunalnego w Koszalinie według badań analogowych, pomiarów rzeczywistych i danych szacunkowych (Śmietański, Szczepański, 1967)

Wybrany moment czasu	Wydajność mierzona na ujęciu	Ocena wydajności ujęcia wg obliczeń analogowych		Różnice w stosunku do wydajności mierzonej
	m ³ /d	m ³ /d	m ³ /h	%
grudzień 1956	6 393,00*	5 659,67	235,82	-11,5
październik 1965	11 567,60*	12 825,73	534,40	+10,9
listopad 1965	25 123,20	25 232,13	1051,3	+0,4
grudzień 1966	14 649,50	14 527,83	605,33	-0,8
grudzień 1969	–	20 221,95	842,56	–
grudzień 1970	–	20 089,66	837,07	–
czerwiec 1972 i lata późniejsze	–	19 425,23	809,39	–

* dane szacunkowe na podstawie materiałów archiwalnych

Pobór wody i analiza hydrodynamiczna przebiegu wieloletniej eksploatacji ujęcia komunalnego

Na rysunku 6.1.20 przedstawiono diagram wielkości produkcji wody z ujęcia w Koszalinie w przeliczeniu na średnią godzinową eksploatację [m³/h] w poszczególnych latach okresu 1952–2008, a na rysunku 6.1.21 kształtowanie się dynamicznego zwierciadła wody i depresji rejonowej według obserwacji prowadzonych w otworze 5/21, położonym w centrum poboru wody z ujęcia (rys. 6.1.11).

Produkcja wody w latach 50. wzrastała w niewielkim stopniu przy stosowanej wówczas eksploatacji ujęcia za pomocą systemu lewarowego aż do 1956 r. (216–266 m³/h). W kolejnych latach 1957–1963, po zmianie systemu eksploatacji na pompowy, odnotowano równomierny wzrost wydajności ujęcia (287–370 m³/h), a następnie po odwierceniu nowej generacji studni w latach 1964–1965 (rys. 6.1.14) bardzo szybki i znaczny przyrost wydajności w latach 1964–1970 (423–740 m³/h), a więc do wielkości bliskiej zatwierdzonym zasobom eksploatacyjnym (800 m³/h).

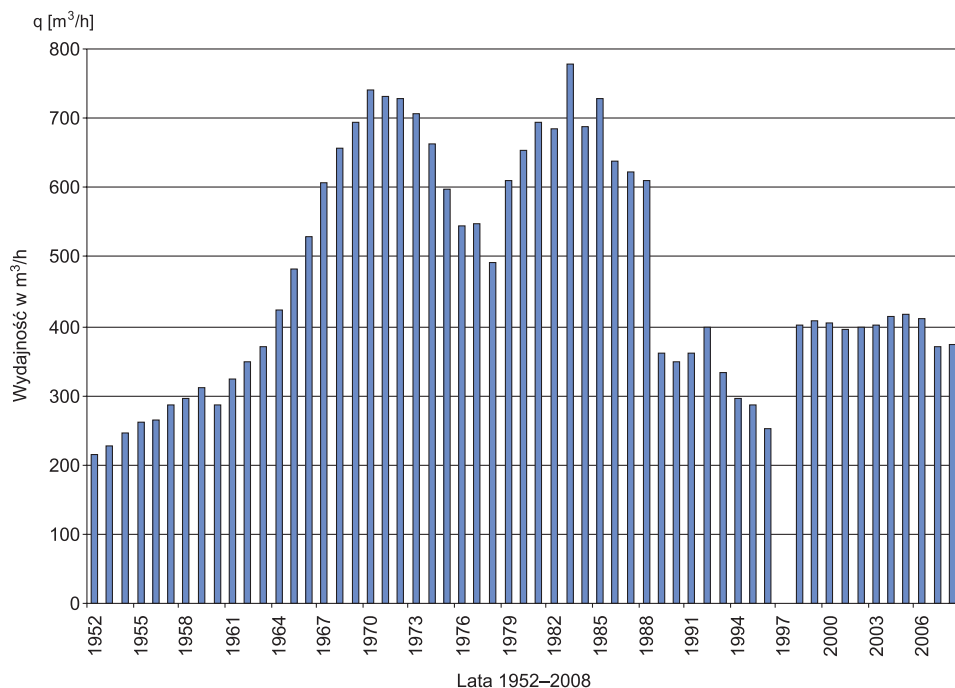
Przez następne prawie dwadzieścia lat (1970–1988) średnia godzinowa wydajność ujęcia utrzymywała się na zbliżonym bardzo wysokim poziomie 600–700 m³/h, a nawet w 1983 r. sięgnęła wielkości 778 m³/h. Okresowy spadek produkcji wody z ujęcia komunalnego w Koszalinie miał miejsce jedynie w latach 1976–1978 (493–547 m³/h), po włączeniu do eksploatacji ujęcia Mostowo – od tej pory głównego ujęcia koszalińskiego systemu wodociągowego, po czym eksploatacja ponownie wzrosła, by osiągnąć maksimum w 1983 r. (rys. 6.1.20).

W 1989 r. nastąpił drastyczny spadek zapotrzebowania na wodę w związku ze zmianami ustrojowymi i upadkiem dużych zakładów przemysłowych. Produkcja wody w 1989 r. wyniosła zaledwie 360 m³/h, utrzymując się w kolejnych latach 1990–1993 w przedziale 333–400 m³/h. Dalszy spadek wydajności ujęcia koszalińskiego miał miejsce w latach 1994–1996 (295–251 m³/h), kiedy to na ujęciu rozpo-

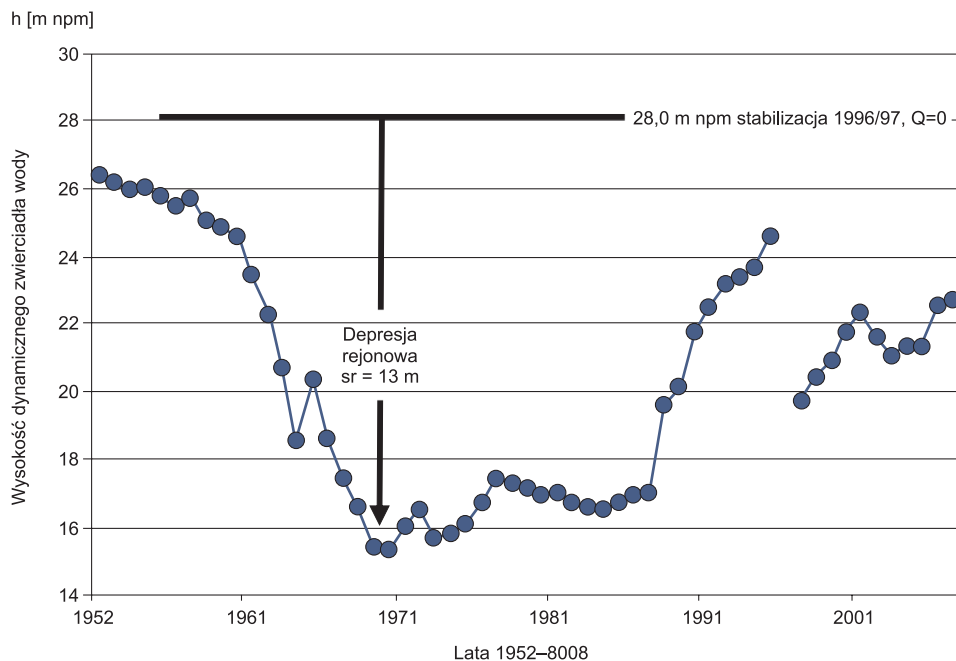
często przygotowania do budowy nowej stacji uzdatniania wody. W związku z budową tej stacji ujęcie w drugiej połowie 1996 i przez cały rok 1997 zostało wyłączone z eksploatacji, a cały ciężar zaopatrzenia w wodę aglomeracji koszalińskiej przejęło ujęcie wody w Mostowie (Pradolina Pomorska).

W czasie postępu ujęcia prowadzono kwartalne sesje pomiarowe zwierciadła wody podziemnej (Ziółkowski, 1995–1997). Po kilku miesiącach osiągnęło ono poziom powrotu skutkujący samowypływem wody ze studni położonych w pobliżu Dzierżęcinki. Po oddaniu do użytku nowej stacji uzdatniania wody włączono studnię do ponownej eksploatacji z końcem 1997 r. i w 1998 r. ($403 \text{ m}^3/\text{h}$), pozyskując z ujęcia w kolejnej dekadzie 1999–2008 średnie roczne wydajności w wąskim przedziale zmienności, bo od 406 do $417 \text{ m}^3/\text{h}$, z wyjątkiem lat ostatnich (od 2007 r.), gdy produkcja uległa obniżeniu do około $370 \text{ m}^3/\text{h}$ (Czabaj, Bartkowiak, 2010).

Omawianym zmianom wydajności ujęcia komunalnego towarzyszyły znaczne zmiany w położeniu zwierciadła wody podziemnej (rys. 6.1.21). Jak wynika z treści rysunku 6.1.21, zwierciadło dynamiczne w 1952 r., a więc na początku rejestrowanej eksploatacji, pozostawało na rzędnej $26,3 \text{ m n.p.m.}$ przy poborze $Q=216 \text{ m}^3/\text{h}$. W następnych latach filtracja nieustalona związana ze wzrostem poboru spowodowała stały przyrost depresji rejonowej, aż do maksymalnej jej wielkości $s_r = 13,0 \text{ m}$ w 1970 r., kiedy to zwierciadło dynamiczne osiągnęło rzędną $15,5 \text{ m n.p.m.}$ W latach 1970 do 1988 zwierciadło dynamiczne pozostawało na ustabilizowanym poziomie w przedziale rzędnych 16 do 17 m n.p.m. Od 1989 r., po gwałtownym



Rys. 6.1 20. Produkcja wody z ujęcia komunalnego Rzeczná-Wodná (Żwirowá) w Koszalinie w latach 1952–2008



Rys. 6.1.21. Dynamiczne zwierciadło wody podziemnej i depresja rejonowa na ujęciu komunalnym Rzecznica-Wodna (Żwirowa) w Koszalinie w latach 1952–2008

spadku zapotrzebowania na wodę, nastąpiła systematyczna odbudowa zasobów statycznych, a wznios zwierciadła wody do 1996 roku wyniósł blisko 8 m. Depresja rejonowa przy poborze wody w 1996 r. w wysokości 1/3 poboru maksymalnego odbywała się już przy depresji rejonowej zaledwie 5 m (rzędna 24,6 m n.p.m.). Uzyskaną rzędną zwierciadła wody przy końcu okresu wyłączenia całego ujęcia z eksploatacji zaznaczono linią opisaną wartością 28 m n.p.m. ($Q = 0$, jak już wzmiankowano, miał wówczas miejsce artezyjski wypływ z kilku studni położonych w obniżeniach terenu przy korycie Dzierżęcinki).

Po przywróceniu eksploatacji w 1998 r., dynamiczne zwierciadło wody w dekadzie ostatnich lat przy poborze $Q_e \approx 400\text{--}416 \text{ m}^3/\text{h}$ (rys. 6.1.20) występowało w przedziale rzędnych 20–20,2 m n.p.m., co odpowiada depresji rejonowej na ujęciu $s_r \approx 5,8\text{--}8,0 \text{ m}$ (rys. 6.1.21).

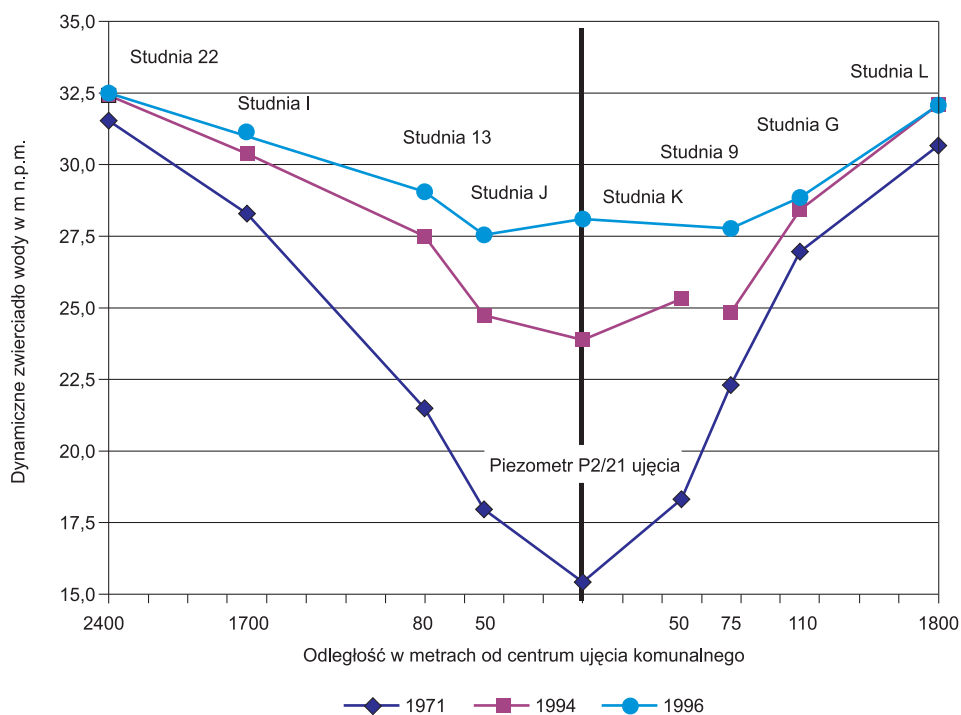
Zasięg leja depresji – oddziaływanie ujęcia na otoczenie

Zmiany związane z natężeniem poboru wody znalazły swoje proste odzwierciedlenie w kształtowaniu się dynamicznego zwierciadła wody i depresji rejonowej nie tylko w otworach obserwacyjnych położonych na terenie ujęcia komunalnego (rys. 6.1.21), ale również w okresach wzmożonej eksploatacji na znacznym obszarze miasta Koszalina, co ilustruje rysunek 6.1.22, przedstawiający profile leja depresji ujęcia komunalnego w Koszalinie w okresie maksymalnego poboru (1971, $Q = 732 \text{ m}^3/\text{h}$) i ograniczonego poboru (1994, $Q = 295 \text{ m}^3/\text{h}$), a także dwie mapy hydroizohips dla rejonu miasta, sporządzone dla tych okresów (rys. 6.1.23, 6.1.24).

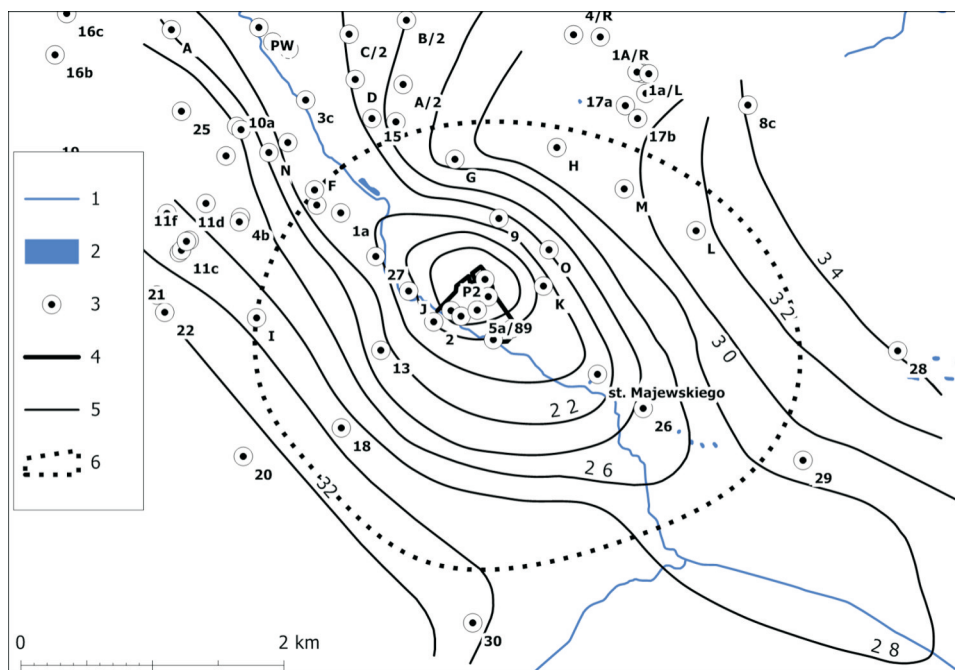
Analizując wykresy zestawione na rysunku 6.1.22, można zauważyć, że lej depresji w okresie maksymalnego poboru wody z ujęcia komunalnego (1971, $Q = 732 \text{ m}^3/\text{h}$) był bardzo głęboki i sięgał na odległość ponad 2 km, obejmując znaczną część miasta Koszalina (rys. 6.1.23). Przy ograniczonej do 37% wielkości zasobów poborze wody (1994, $Q = 295 \text{ m}^3/\text{h}$) lej depresji uległ znacznemu ograniczeniu, bo do promienia około 800 m, obejmującego tylko przyległą do ujęcia część zabudowy Koszalina (rys. 6.1.24).

Z porównań map hydroizohips (rys. 6.1.23, 6.1.24) oraz profili leja depresji, przedstawionych na rysunku 6.1.22, można wnioskować o bardzo znacznym zmniejszeniu się miąższości strefy aeracji na ujęciu i w jego otoczeniu w zasięgu rozległego okna hydrogeologicznego w paśmie doliny kopalnej po gwałtownym zmniejszeniu się poboru wody z początkiem lat 90. ubiegłego wieku (rys. 6.1.20).

Zatopienie części strefy aeracji, a w konsekwencji zmniejszenie się głębokości i zasięgu leja depresji, niewątpliwie miało znaczący wpływ na kształtowanie się składu chemicznego surowych wód podziemnych czerpanych w następnych latach z komunalnego ujęcia wody.



Rys. 6.1.22. Profile leja depresji ujęcia komunalnego w Koszalinie w okresie maksymalnego poboru (1971, $Q=732 \text{ m}^3/\text{h}$) i ograniczonego poboru (1994, $Q=295 \text{ m}^3/\text{h}$) w stosunku do profilu zwierciadła wody podziemnej w ujmowanym poziomie plejstoceno-miocen-skim przy ujęciu wyłączonym całkowicie z eksploatacji (1996, $Q=0$)

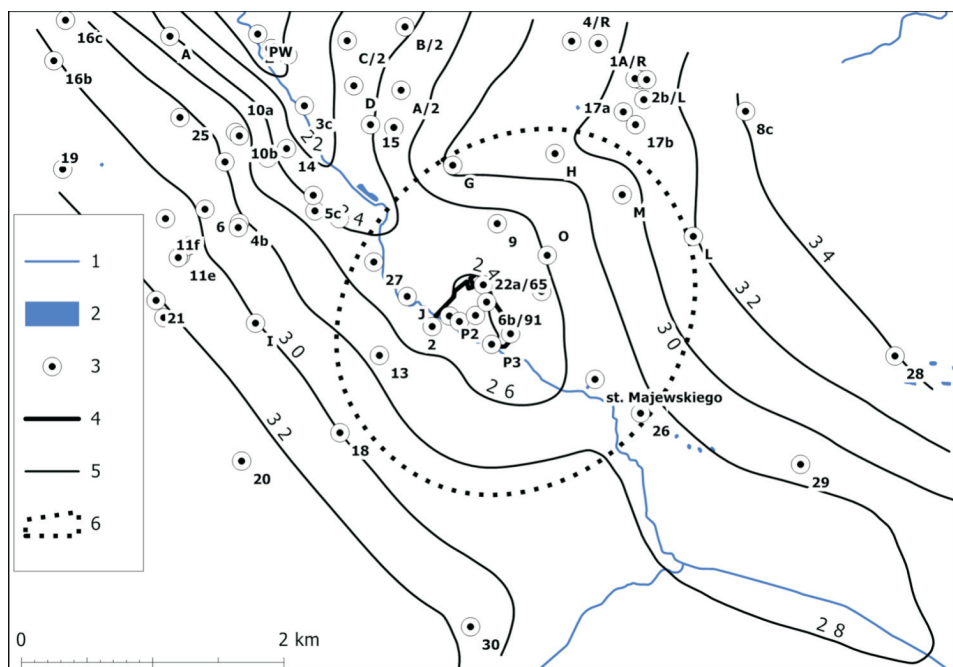


Rys. 6.1.23. Mapa hydroizohips i lej depresji komunalnego ujęcia wody w Koszalinie w sierpniu 1971 r. [$Q_e = 732 \text{ m}^3/\text{h}$], wg: Brylska i in., 1972 (z uzupełnieniem o zasięg leja depresji i część E obszaru)

Objaśnienia: 1 – ciek, 2 – zbiorniki powierzchniowe, 3 – studnie i inne otwory hydrogeologiczne, 4 – granica terenu ujęcia, 5 – hydroizohipsy w cięciu co 2 m (n.p.m.), 6 – zasięg leja depresji

Zmiany jakości wód podziemnych w trakcie eksploatacji ujęcia komunalnego

Skoncentrowany, intensywny pobór przyniósł w efekcie znaczne zmiany w składzie chemicznym wody pogarszające jej jakość jako surowca wody do picia. Na rysunkach 6.1.25–6.1.27 przedstawiono kolejno porównanie zawartości azotu amonowego, żelaza ogólnego i chlorków w wodzie surowej czerpanej z ujęć w Koszalinie w latach 1971–1975 oraz 1991–1995. W latach dzielących analizowane pięciolecia nastąpił bardzo wysoki przyrost zawartości azotu amonowego z ilości śladowych do ilości przekraczających w kilku studniach $0,5 \text{ mg/l}$. To samo zjawisko dotyczy wzrostu zawartości żelaza ogólnego w wodzie podziemnej, w skrajnych przypadkach do $4\text{--}5 \text{ mg/l}$ w studniach o ponadnormatywnej zawartości azotu amonowego. Skale zmian wywołanych skoncentrowaną eksploatacją poziomu o swobodnym zwierciadle wody ilustruje porównanie analizowanych wskaźników z ujęcia komunalnego z ujęciami zakładowymi. W wodzie podziemnej czerpanej z przedstawionych ujęć przemysłowych ujmujących utwory czwartorzędowe i położonych poza zasięgiem oddziaływania ujęcia komunalnego w SW części Koszalina (rys. 6.1.10) w okresie 25 lat zmiany składu chemicznego były minimalne i nie wykazywały żadnego określonego trendu. Jest wielce prawdopodobne, że dodatkową przyczyną po-

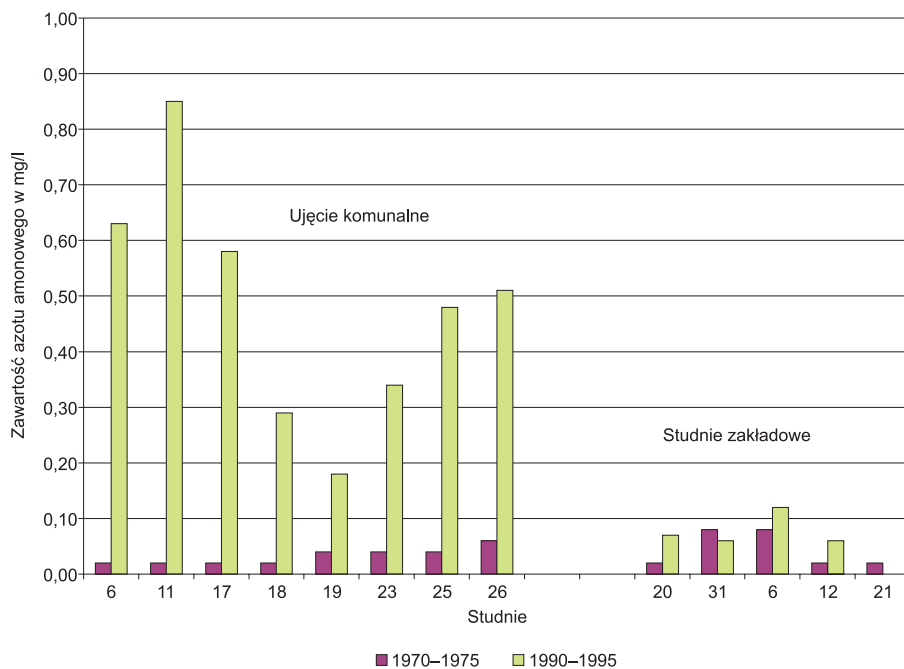


Rys. 6.1.24. Mapa hydroizohips i lej depresji w I kwartale 1994 r. [$Q_e = 295 \text{ m}^3/\text{h}$], wg: Majewska, 1996 (z uzupełnieniem o zasięg leja depresji i część E obszaru)
Objaśnienia jak na rysunku 6.1.23.

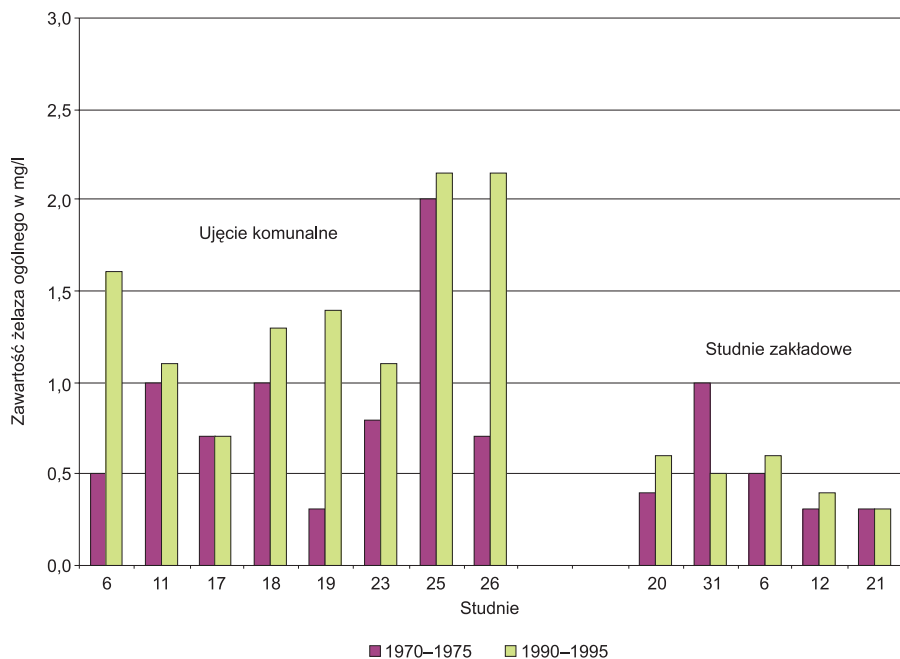
gorszenia się jakości wody na ujęciu komunalnym, oprócz stanu zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego w strefie zasilania ujęcia komunalnego w rejonie miasta, może być drastyczne zmniejszenie się warunków ochronnych spowodowanych odbudową naporu hydrodynamicznego i w końcowym efekcie znacznym zmniejszeniem się miąższości strefy aeracji, chroniącej skutecznie wodę podziemną od zanieczyszczeń powierzchniowych w warunkach głębokiego leja depresji.

Tabela 6.1.3. Wybrane parametry jakości wód podziemnych pompowanych ze studni ujęcia komunalnego w Koszalinie na podstawie statystyki opisowej 140 analiz fizyczno-chemicznych wykonanych w 2009 r. (Czabaj, Bartkowiak, 2010)

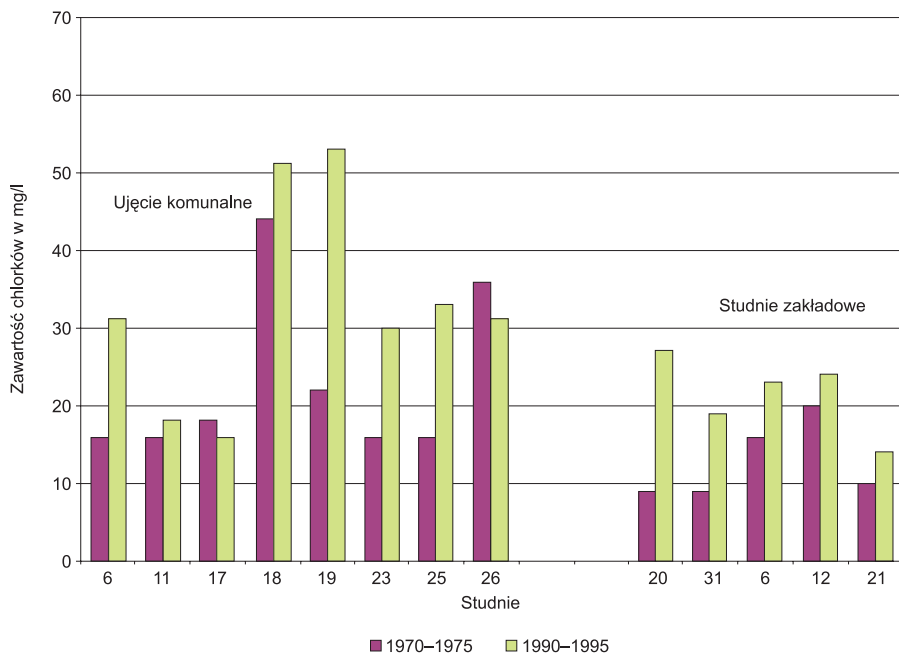
Parametr	Jednostka	Dopuszczalny zakres	Wartość średnia w zbiorze	Przedział wartości
pH		6,5–9,5	7,40	7,0–8,0
Przewodność	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	774,0	263–1759
Fe ogólne	mg/l	0,20	1,54	0,18–4,45
Mn	mg/l	0,050	0,23	0,018–0,80
SO_4	mg/l	250	146,1	27,0–519,0
Amoniak	mg/l	0,50	0,42	0,01–4,4



Rys. 6.1.25. Porównanie zawartości azotu amonowego w surowej wodzie podziemnej z ujęć w Koszalinie w latach 1971-1975 oraz 1991-1995



Rys. 6.1.26. Porównanie zawartości żelaza ogólnego w surowej wodzie podziemnej z ujęć w Koszalinie w latach 1971-1975 oraz 1991-1995



Rys. 6.1.27. Porównanie zawartości chlorków w surowej wodzie podziemnej z ujęć w Koszalinie w latach 1971–1975 oraz 1991–1995

Według analiz wykonanych w 2009 r. na ujęciu koszalińskim (zbiór statystyczny 140 analiz) wymagania fizyczno-chemiczne, jakim powinna odpowiadać woda do spożycia przez ludzi, zostały przekroczone w przypadku 4 wskaźników. Nowa stacja uzdatniania nie ma problemów z uzdatnianiem wody.

Ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Zastosowanie do obliczeń zasobowych metod badania filtracji nieustalanej według wzoru Theisa było przedsięwzięciem nowoczesnym i wymagało zorganizowania w naówczas trudnych warunkach terenowych i technicznych, precyzyjnie prowadzonych próbnych pompowań hydrowęzłowych i miesięcznego pompowania zespołowego pod stałym całodobowym nadzorem hydrogeologicznym. Autorzy dokumentacji zasobowej (Kłyza, Przybyłek, 1967) przyjęli właściwy sposób udokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych. Wykonane obliczenia analogowe przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie dostarczyły obiektywnych prognoz hydrodynamicznych. Nadal aktualny jest akt zatwierdzenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia z 1967 r., wydany przez prezesa CUG w dniu 31 sierpnia 1967 r. w ilości $Q_e=800 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s=17 \text{ m}$. Pozwolenie wodnoprawne obowiązuje w wysokości przyjętych zasobów eksploatacyjnych.

Na etapie sporządzania dokumentacji zasobowej nie sporządzono prognozy zmian jakości wody. Czerpana obecnie woda zachowała cechu fizyczno-chemiczne i stężenia Fe i Mn łatwo usuwalne w procesie uzdatniania wody.

Literatura

- Cieślak M., 2008. Warunki hydrogeologiczne eksploatacji ujęć wód podziemnych miasta Koszalina (lata 1995–2007). Praca magisterska. Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM, Poznań.
- Czabaj W., Bartkowiak M., 2010. Sprawozdanie z nadzoru hydrogeologiczno-technicznego nad eksploatacją ujęcia komunalnego w Koszalinie w 2009 roku. Poltegor-Institut, Wrocław.
- Kłyza T., Przybyłek J., 1967. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w rejonie Koszalina. Część A. Uzupełnienie do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych w Koszalinie w kat. A, B, C. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu.
- Kłyza T., Przybyłek J., 1968. Przykłady zastosowania wzorów równowagi nieustalanej do prognozowania eksploatacji wód podziemnych. Mat. II Naukowo-Technicznej Krajowej Konferencji „Hydrogeologia i geologia inżynierska”. Warszawa–Gdańsk, s. 101–114.
- Majewska A., 1996. Studium hydrogeologiczne warunków eksploatacji wód podziemnych w rejonie miasta Koszalina. Praca magisterska. Zakład Hydrogeologii UAM, Poznań.
- Mojski J.E., Kawecka A., 1974. Mapa geologiczna Polski [N-33-XVII] Koszalin wraz z objaśnieniami. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Szczepański A., Wala A., Kapturkiewicz W., 1966. Analiza hydrogeologiczna pracy ujęcia wód podziemnych w Koszalinie w oparciu o badania analogowe na integratorze hydraulicznym. AGH, Katedra Geologii Kopalnianej, Kraków.
- Śmiateński Z., Szczepański A., 1967. Ocena wydajności ujęcia wód podziemnych metodą analogii hydraulicznych. Sprawozdania z posiedzeń Komisji Naukowych Oddziału PAN w Krakowie, styczeń–czerwiec 1967, s. 400–405.
- Ziółkowski M., 1995–1997. Sprawozdania z badań hydrogeologicznych nadzoru nad eksploatacją ujęcia komunalnego w Koszalinie wraz z elementami badań monitoringowych za lata: 1994, 1995, 1996. PG Proxima S.A., Oddział Poznań.

6.2. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i neogeńskich (subniecka poznańska, subzbiornik pomorski) w paśmie pojeziernym

6.2.1. Ujęcie Bugno dla Szczecinka

Jan Przybyłek

Wstęp

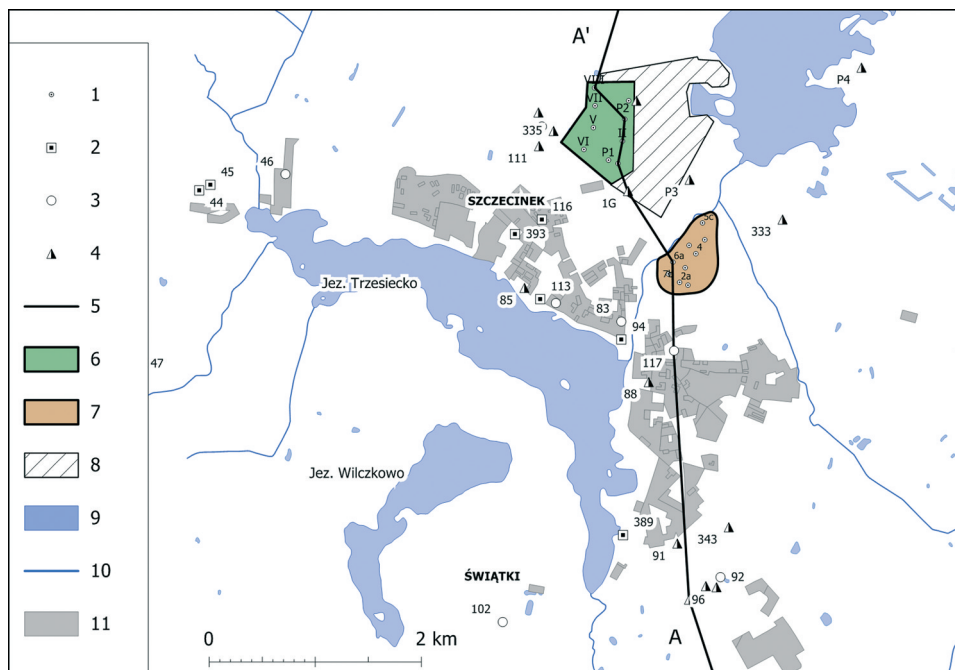
Ujęcie wód podziemnych Bugno jest położone w północnej części Szczecinka. Miasto i gmina Szczecinek znajdują się na obszarze Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) nr 126, który nosi nazwę miasta. Czwartorzędowo-neogeński zbiornik Szczecinek zbudowany jest z kompleksu piasków plejstocenijskich i mioceńskich o powierzchni 1755 km², a jego szacunkowe zasoby dyspozycyjne wynoszą 95 000 m³/d. Ujmowany studniami ujęcia Bugno, w przedziale głębokości od 85 do 126 m p.p.t. plejstocenijsko-mioceński poziom wodonośny miał pier-

wotnie w wielu miejscach charakter słabo artezyjski. Udokumentowane zasoby eksploatacyjne w kategorii B zostały zatwierdzone decyzją prezesa CUG nr KDH/013/3208/W/71 z dnia 7 maja 1971 r. w ilości 1100 m³/h przy depresji studziennej 15–23 m i depresji regionalnej 9 m dla fragmentu zbiornika Szczecinek o promieniu 6 km wokół ujęcia, tj. o powierzchni 113 km². Eksploatację ujęcia rozpoczęto w 1972 r. Największy rozbiór wody miał miejsce do 1994 r. i kształtował się w przedziale od 413 m³/h (1994 r.) do 471 m³/h (1992 r., 43% zatwierdzonych zasobów). W pierwszej dekadzie XXI w. pobór wody z ujęcia Bugno obniżał się od 276 m³/h (2001 r.) do 235 m³/h (2009 r.). Warunki hydrogeologiczne panujące w rejonie ujęcia Bugno sprzyjają naturalnej ochronie wód przed zanieczyszczeniami antropogenicznymi. W ponad trzydziestoletnim okresie eksploatacji ujęcia nie nastąpiło pogorszenie się jakości czerpanych wód podziemnych. Ciekawym zjawiskiem jest spadek stężenia chlorków z przedziału 4,5–23,0 mg Cl/l do 3,1–6,6 mg Cl/l. Użytkownikiem ujęcia (operatorem) jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Szczecinku. Ujęcie ma pozwolenie wodnoprawne nr K-SR-Ś-3/ 6811/43-4/05 z dnia 28 listopada 2005 r., wydane przez Zachodniopomorski Urząd Wojewódzki w Szczecinie, na eksploatację ujęcia za pomocą 8 studni, pobór wody w ilości 8000 m³/d z ważnością do 2025 r. oraz decyzję o ustanowieniu stref ochronnych ujęcia wody i terenu stacji uzdatniania wody wydaną w dniu 29 grudnia 2000 r. przez wojewodę zachodniopomorskiego.

Położenie geograficzne i hydrograficzne

Miasto Szczecinek położone jest w województwie zachodniopomorskim, w centralnej części Pojezierza Drawskiego (Kondracki 2000), pomiędzy jeziorami Trzesiecko i Wielimie (rys. 6.2.1). Ujęcie wód podziemnych Bugno jest zlokalizowane w północnej części Szczecinka, między jeziorem Wielimie a drogą Szczecinek–Gałowo–Spore oraz linią kolejową Szczecinek–Białogard. Rzędne terenu ujęcia Bugno wahają się w granicach od 134,0 do 143,0 m n.p.m. Głównymi formami morfologicznymi są: wysoczyzna morenowa oraz sandr, obejmujący swym zasięgiem jeziora Wielimie i Trzesiecko. Ośią sandru jest rzeka Gwda, przepływająca przez jezioro Wielimie. Płaska wysoczyzna morenowa cechuje się deniwelacjami od kilku do kilkunastu metrów w przedziale wysokości 134–150 m n.p.m. Na jej powierzchni występują liczne jeziora wytopiskowe i rynnowe. Recesyjne pagórki morenowe położone na południe od Szczecinka w powiązaniu z morenami na zachodzie, północy i wschodzie spowodowały utworzenie się w okolicach miasta rozległego zagłębienia terenu stanowiącego o lokalnym układzie hydrograficznym, w którego środku znajdują się największe jeziora: Trzesiecko o powierzchni 672 ha i głębokości do 14 m oraz Wielimie o powierzchni 4368 ha i głębokości do 6 m. Oba jeziora połączone są kanałem o nazwie Niezdobna.

W rejonie Szczecinka przebiega szereg kanałów i rowów melioracyjnych (rys. 6.2.1), odprowadzających wody powierzchniowe do jeziora Wielimie. Rejon Szczecinka należy do dorzecza Odry; jest odwadniany przez rzekę Gwdę. W jego niedalekim sąsiedztwie, na NE od Białego Boru, znajduje się główny punkt wododziałowy pomiędzy dorzecziami rzek Przymorza (Parsęta), Odry (Gwda) i Wisły



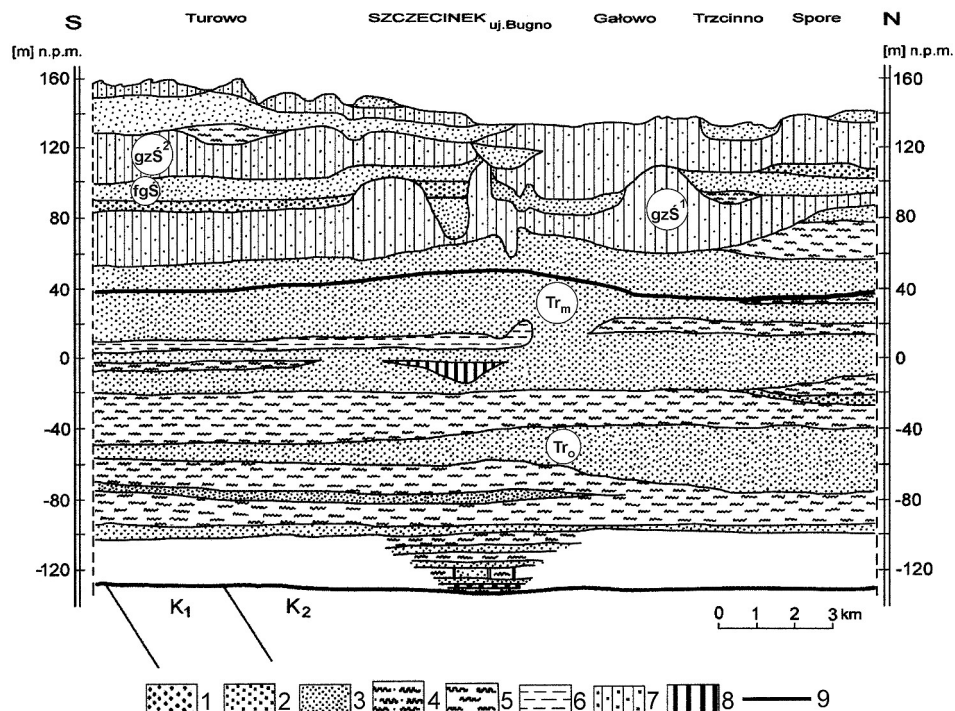
Rys. 6.2.1. Położenie ujęcia „Bugno” na tle układu hydrograficznego zlewni jeziora Wielimie
 Objasnienia: 1 – studnie ujęcia komunalnego Bugno i starego ujęcia Chyże (zlikwidowane), 2–4 – inne studnie i otwory obserwacyjne ujmujące wody podziemne (poziom wód gruntowych, międzyglinowe, mioceni), 5 – linia przekroju geologicznego A–A’ (rys. 6.2.4), 6 – teren ujęcia Bugno, 7 – teren ujęcia Chyże, 8 – tereny rezerwowe ujęcia Bugno, 9 – jeziora, 10 – cieki, 11 – obszary zwartej zabudowy. Uwaga: numeracja otworów wg dokumentacji (Chomicki, 1999c)

(Brdą). W miejscowości Spore jest zlokalizowana hydrogeologiczna stacja obserwacyjna (Rocznik PSH). Według regionalnego podziału hydrogeologicznego Paczyńskiego zwykłych wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007) rejon Szczecinka należy do Prowincji Niżowej – region pomorski (III).

Zarys budowy geologicznej i warunki hydrogeologiczne

Podłożem dla osadów kenozoicznych w rejonie Szczecinka są osady kredy górnej (rys. 6.2.2), wykształcone w postaci piaskowców drobnoziarnistych, margli i wapieni. Strop kredy osiągnięto wierceniami na rzędnej około – 130 m p.p.t. Na kredzie górnej zalegają osady paleogenu i neogenu. W większości profili otworów geologiczno-strukturalnych na tym obszarze nie określono szczegółowo epok serii osadów neogeńsko-paleogeńskich (Chomicki, 1999c). Sumaryczna miąższość tych utworów w rejonie Szczecinka dochodzi do 260 m. Strop miocenu występuje na rzędnej 30–40 m n.p.m. (rys. 6.2.2). Utwory miocenu wykształcone są w postaci piasków drobnych i średnich, mułków piaszczystych, mułków, ilów, a także w postaci nieciągłych pokładów węgla brunatnych.

Osady czwartorzędowe złożone na piaskach miocenijskich osiągają miąższość od 85 do 120 m, Wykształcone są jako naprzemianległe warstwy glin zwałowych



Rys. 6.2.2. Przekrój geologiczny rejonu Szczecinka w otoczeniu ujęcia komunalnego Bugno
 Objaśnienia: 1 – piaski gruboziarniste, 2 – piaski średnioziarniste, 3 – piaski drobnoziarniste, 4 – mułki piaszczyste, 5 – mułki, 6 – ropy, 7 – gliny zwałowe, 8 – węgle brunatne, 9 – granice stratygraficzne, gzS^2 – glina zwałowa zlodowacenia środkowopolskiego (wartu), fS – osady fluwioglacjalne zlodowacenia środkowopolskiego, gzS^1 – glina zwałowa zlodowacenia środkowopolskiego (odry), Tr_m – miocen, Tr_o – oligocen, K_2 – kreda górna, K_1 – kreda górna

i warstwy piaszczysto-żwirowe. Niemal na całym terenie w spągu utworów czwartorzędowych występuje warstwa piasków i żwirów o miąższości od 10 do 20 m, która zalega bezpośrednio na piaskach miocennych. Analizy mikroskopowe uziarnienia osadów pozwoliły w rejonie ujęcia Bugno wyznaczyć w miarę dokładnie granicę stratygraficzną miocenu i plejstocenu (Zarowski, Balanicki, 1970). Piaski plejstocennskie w odróżnieniu od miocennych wykazują słabsze obtoczenie ziaren kwarcu i zawierają dużą ilość okruchów skał północnych. Nad nimi zalega niemal wszędzie zwarty poziom glin zwałowych ze zlodowacenia środkowopolskiego, osiagający w części wschodniej i północnej Szczecinka miąższość 15–40 m. Ponad tymi bazowymi glinami zwałowymi występują jeszcze dwa młodsze poziomy glin zwałowych rozdzielone dwoma poziomami osadów rzeczno-lodowcowych o miąższości od kilku do 30 m. Na wschód od Szczecinka rozwinięty jest w widłach rzek Gwdy i Czernicy sandr o miąższości osadów piaszczysto-żwirowych do 25 m, a w lokalnych obniżeniach występują torfy i kreda jeziorna.

W wynikającym z budowy geologicznej kenozoiku układzie hydrostrukturalnym można wyróżnić dwa piętra wodonośne: czwartorzędowe i neogeńsko-paleo-

geńskie. W piętrze czwartorzędowym ukształtowane są trzy poziomy: wód gruntowych, międzyglinowy i podglinowy; w piętrze neogeńskiego-paleogeńskiego dwa poziomy: mioceni i oligoceni. W rejonie Szczecinka poziom podglinowy łączy się bezpośrednio z poziomem mioceni, stanowiąc wspólnie główny użytkowy poziom wód podziemnych, nazywany poziomem plejstoceno-mioceni (rys. 6.2.4), wydzielonym regionalnie jako GZWP nr 126 Szczecinek (Kleczkowski, 1990, Paczyński, Sadurski, red., 2007).

Poziom wód gruntowych związany jest głównie z osadami sandrowymi oraz innymi osadami rzeczno-lodowcowymi zlodowacenia północnopolskiego. Wody gruntowe ze względu na niewielkie zasoby i silne zanieczyszczenie antropogeniczne na ogół nie są ujmowane studniami wierconymi zaopatrzenia zbiorowego.

Poziom międzyglinowy stwierdzono prawie na całym obszarze. Strop warstwy w rejonie ujęcia Bugno występuje na rzędnej 80–90 m n.p.m., tj. na głębokości 50–60 m. Opisywany poziom wodonośny składa się z kilku warstw, które mogą być z sobą powiązane hydraulicznie. W rejonie Szczecinka stwierdza się co najmniej trzy warstwy o miąższości wahającej się od kilku do kilkunastu metrów, które są wykorzystywane przez kilka ujęć wiejskich i zakładowych (Chomicki, 1999c).

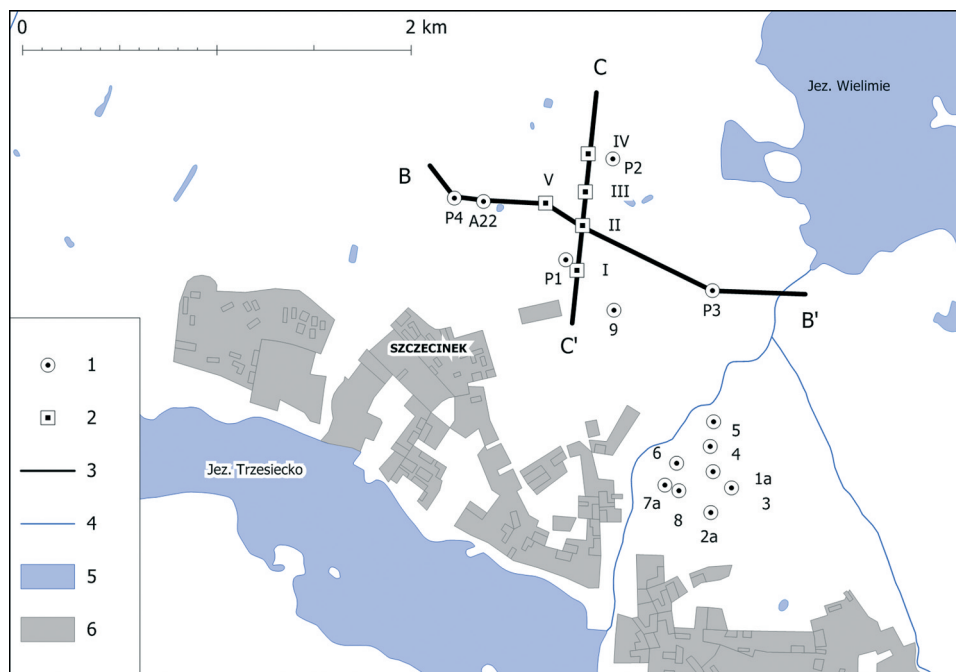
Plejstoceno-mioceni poziom wodonośny stanowi kompleks występujących w stropie piasków plejstoceni o miąższości 10–20 m (poziom podglinowy) oraz piasków mioceni o miąższości od 25 do 45 m. Poziom ten ma charakter regionalny, w miarę jednorodny, cechując się regularnością rozprzestrzenienia pionowego i poziomego. Miąższość całego kompleksu, występującego na głębokości 80 m, tj. na rzędnej około 60 m n.p.m., wynosi od 25 do 60 m (rys. 6.2.2). W jego spągu występują ropy, mułki i węgle brunatne miocenu, a strop stanowi poziom starszej gliny zwalowej o miąższości 15–40 m. Główny użytkowy poziom wodonośny jest więc dobrze chroniony przed migracją zanieczyszczeń z powierzchni ziemi. Statyczne zwierciadło wody układało się w marcu 1999 r., od 0,5 do 4,0 m poniżej powierzchni terenu, tj. na rzędnych 134,7–135,0 m n.p.m. (Chomicki, 1999c). Pierwotnie stabilizowało się na rzędnej ca 136,0 m n.p.m. (Żarowski, Balański, 1970). Poziom plejstoceno-mioceni jest powszechnie eksploatowany na terenie miasta i gminy Szczecinek (ujęcia: Bugno, wiejskie i zakładowe).

Historia i problematyka badań hydrogeologicznych oraz rozwoju ujęcia

Badania hydrogeologiczne związane z lokalizacją i budową nowego ujęcia wody dla Szczecinka rozpoczęto w latach 1966–1967 od wykonania dwóch otworów badawczych P1 i P2 (rys. 6.2.3) o głębokości 120 m na podstawie projektu badań hydrogeologicznych zatwierdzonego decyzją prezesa CUG nr KDH/013/1956/W/66 z dnia 15 lutego 1966 r. Badaniami objęto naporowy poziom wodonośny plejstoceno-mioceni o charakterze regionalnym występujący na głębokości ponad 80 m (rys. 6.2.4). Na ich podstawie wstępnie oszacowano zasoby eksploatacyjne ujęcia w kategorii C. W latach 1968–1969 wykonano następne dwa otwory badawczo-obsługowe P3 i P4 oraz pięć otworów rozpoznawczych – studziennych: cztery w barierze wschodniej jako studnie nr I, II, III, IV oraz jedną w zamierzonej barierze zachodniej o numerze V (rys. 6.2.3, 6.2.4).

Wykorzystując wykonany zespół otworów rozpoznawczych i badawczo-obszernych, przeprowadzono kolejno w ciągu 1969 r. pompowania hydrowęzłowe każdego z pięciu otworów rozpoznawczych. W projektowaniu próbnego pompowania i analizach ich wyników dla potrzeb ustalania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych wykorzystano metodykę badań filtracji nieustalonej według wzoru Theisa i Hantusha (rys. 6.2.5) wdrażaną pod koniec lat 60. ubiegłego wieku do polskiej praktyki hydrogeologicznej (Wilk, 1962; Kozłowski, Safander, 1966; Kłyza, Przybyłek, 1968, 1969; Macioszczyk, 1969; Nielubowicz, 1969; Przybyłek, Dąbrowski, 1970; Przybyłek i in., 1971). Powyższą metodykę wykorzystano również do interpretacji wyników miesięcznego próbnego pompowania zespołowego pięciu otworów rozpoznawczych (od I do V), przeprowadzonego na jednym stopniu dynamicznym ze stałym wydatkiem $SQ_e = 853 \text{ m}^3/\text{h}$ (rys. 6.2.6).

Wyniki pompowania zespołowego, interpretowane według metody Theisa, posłużyły do obliczeń prognostycznych zasobów eksploatacyjnych ujęcia w kategorii B (Zarowski, Balanicki, 1970). W dziesięcioletniej prognozie określono ustaloną depresję rejonową i w studniach oraz obszar zasilania ujęcia. W trakcie pompowania zespołowego otworów rozpoznawczych nowego ujęcia Bugno eksploatowano równocześnie z równomierną wydajnością $Q_{sr} = 249 \text{ m}^3/\text{h}$ studnie ujęć

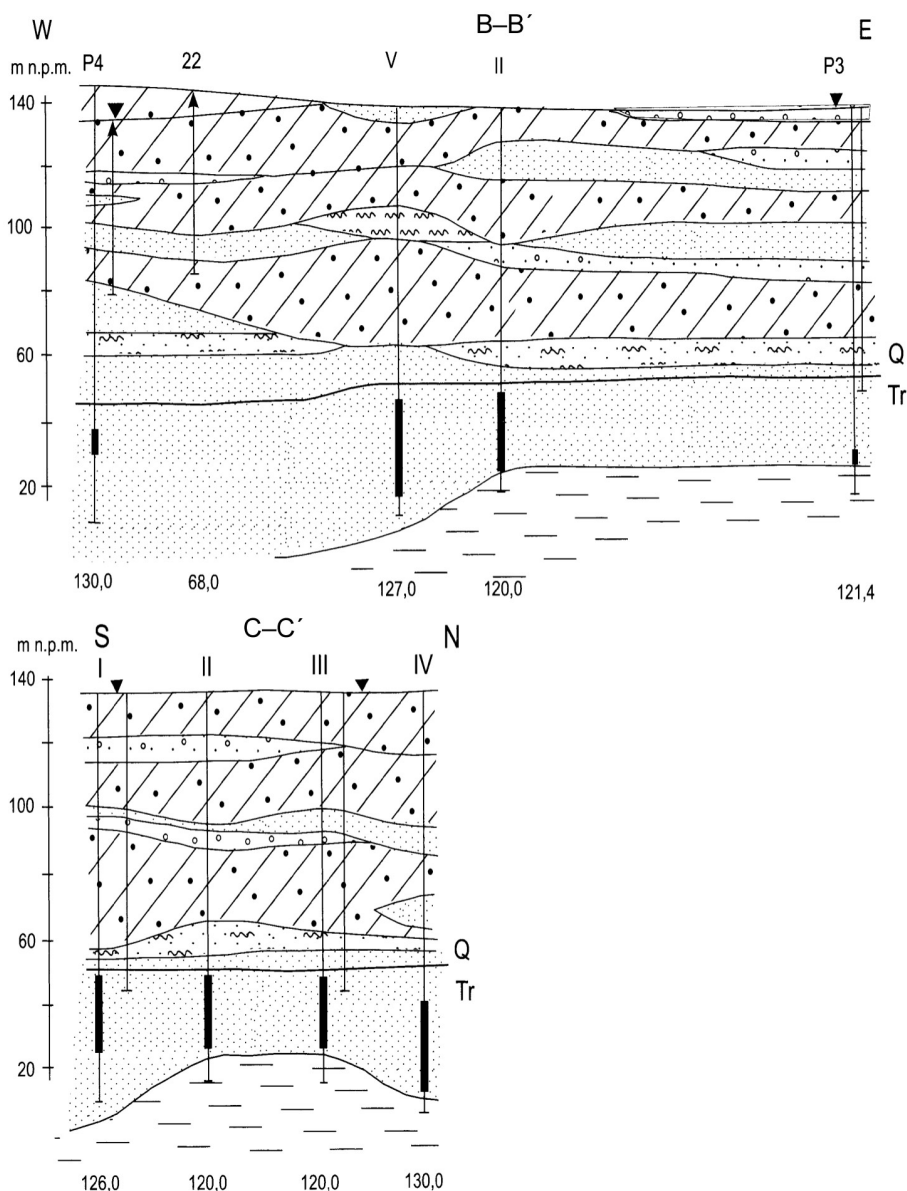


Rys. 6.2.3. Lokalizacja ujęcia wód podziemnych Bugno z sytuacją studni i innych otworów hydrogeologicznych w okresie badań zasobowych

Objaśnienia: 1 – studnie starego ujęcia Chyże oraz otwory badawczo-obszernych w rejonie ujęcia Bugno, 2 – studnie ujęcia Bugno, 3 – linie przekrojów hydrogeologicznych B-B' oraz C-C' (rys. 6.2.3), 4 – ciek, 5 – jeziora, 6 – obszary zwartej zabudowy

cia komunalnego Chyże, oddalonego o 1,5 km od grupy otworów projektowanego ujęcia Bugno (rys. 6.2.1 i 6.2.3).

Ujęcie Chyże przy ul. Wodociągowej w Szczecinku, o początkach sięgających lat 1912–1913 XX w. ujmujące również plejstocénsko-miocénski poziom wodonośny



Rys. 6.2.4. Przekroje hydrogeologiczne B–B' i C–C' przez rejon ujęcia wód podziemnych Bugno dla Szczecinka (wg Dąbrowski, Przybyłek, 2005) – lokalizacja przekrojów na rysunku 6.2.3

studniami o głębokościach 60–120 m, było eksploatowane do 1989 r. Zostało wyłączone z eksploatacji z chwilą oddania do użytku nowej stacji uzdatniania wody na ujęciu Bugno oraz na skutek dekapitalizacji studni i urządzeń, a także braku właściwych warunków jego ochrony. Likwidację ostatnich 5 otworów studziennych wykonano we wrześniu i październiku 1999 r., co przedstawiono w dokumentacji geologicznej (Chomicki, 1999a).

Studnie nr I do IV bariery wschodniej ujęcia Bugno włączono do eksploatacji w latach 1973–1976, tłocząc wodę na stację uzdatniania przy ul. Wodociągowej w celu uzupełniania deficytu wody z ujęcia Chyże. Stację uzdatniania wody Bugno oddano do eksploatacji 17 grudnia 1989 r. W latach 1987–1988 wykonano w rozwinięciu bariery zachodniej ujęcia Bugno trzy następne studnie o numerach VI, VII i VIII (rys. 6.2.1). Woda z SUW Bugno jest rozprowadzana na terenie miasta siecią wodociagową poprzez magistralny układ pierścieniowy.

Aktualnie ujęcie komunalne składa się więc z 8 studni, które zostały rozmieszczone w dwóch równoległych barierach – wschodniej i zachodniej, oddalonych od siebie 220–240 m. W każdej barierze odległość między studniami wynosi 180–260 m. W tabeli 6.2.1 podano parametry hydrogeologiczne studni ujęcia Bugno z okresu ich budowy, a w tabeli 6.2.2 parametry techniczne tych studni. Studnie na ujęciu „Bugno” dysponują bardzo wysoką sprawnością hydrauliczną. Parametr ten niejednokrotnie wynosił ponad 100% (poprawa ułożenia ziarn w warstwie przyfiltrowej)

Tabela 6.2.1. Parametry hydrogeologiczne studni ujęcia Bugno z okresu ich budowy (Światała, 2010 na podstawie danych Chomickiego, 1999c)

Wyszczególnienie	Studnia nr I	Studnia nr II	Studnia nr III	Studnia nr VI	Studnia nr V	Studnia nr VI	Studnia nr VII	Studnia nr VIII
Wydajność Q [m^3/h]	161,7	171,2	171,17	171,17	172,80	109,00	153,28	189,5
Depresja s [m]	10,97	16,50	13,25	10,25	10,50	5,66	12,29	14,87
Wydajność jednostkowa q [$m^3/h/m$]	14,74	10,38	12,92	16,70	16,46	19,26	12,47	12,74
Statyczne zwierciadło wody [m poniżej kryzy rury]	0,69	0,19	0,25	0,60	1,37	3,25	5,00	2,69
Współczynnik filtracji k [m^3/h]	1,69	1,65	1,60	1,49	1,52	0,60	0,33	0,67
Wydajność dopuszczalna Q_{dop} [m^3/h]	269,30	269,3	269,30	269,30	269,30	208,0	189,00	188,0
Wydajność eksploatacyjna Q_e [m^3/h]	188,15	166,20	160,30	160,70	174,90	150,0	150,00	150,0
Depresja eksploatacyjna Se [m]	12,50	15,80	11,20	9,50	10,10	7,80	12,00	11,80

Tabela 6.2.2. Parametry techniczne studni ujęcia Bugno (Świtła, 2010 na podstawie danych Chomickiego, 1999c)

Wyszczególnienie	Studnia nr I	Studnia nr II	Studnia nr III	Studnia nr IV	Studnia nr V	Studnia nr VI	Studnia nr VII	Studnia nr VIII
Rok budowy studni	1968	1968	1968	1969	1968	1988	1987	1987
Głębokość studni [m]	114,0	119,0	114,0	127,0	125,0	130,0	125,0	129,0
Przelot warstwy wodonośnej [m] i miąższość [m]	78,0–126,5 48,5	71,5–113,0 42,0	74,5–112,0 37,5	75,5–130,0 54,5	75,5–127,0 51,5	85,0–129,0 44,0	83,0–129,0 46,0	102,0–133,0 31,0
Zarurowanie i średnica rur [mm] i głębokość [m p.p.t.]	508 – 33,0 m 457 – 60,0 m	508 – 39,92 m 457 – 51,85 406 – 88,00	457 – 68,0 m 406 – 84,0 m	457 – 61,0 m 406 – 98 m	457 – 60,0 m 406 – 96 m	406 – 95,5 m	406 – 92,2 m	406 – 103,5 m
Zafiltrowanie:	OC – I okładz.	OC – I okładz.	OC – I okładz.	OC – I okładz.	OC – I okładz.	OC – I okładz.	OC – I okładz.	OC – I okładz.
– typ filtra	3–5 mm	2–3 mm	2–3 mm	3–5 mm	2–3 mm	2–3 mm	2–3 mm	2–3 mm
– średnica [mm]	200/290	200/290	200/290	200/290	200/290	200/290	200/290	200/290
– długość filtra [m]	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	26,0	28,8	23,5
– przelot [m p.p.t.]	85,0–110,0	88,0–113,0	85,0–110,0	98,0 – 123,0	96,0 – 21,0	99,5–125,5	92,2–121,0	103,5–126,0
Rura nadfiltrowa:	AC	AC	AC	AC	AC	stalowa	stalowa	stalowa
– średnica [mm]	200	200	200	200	200	245	245	245
– długość [m]	37,0	10,0	29,0	12,0	17,0	17,0	16,6	18,6
– przelot [m p.p.t.]	48,0–85,0	78–88,0	56,0–85,0	86,0–98,0	78,0–95,0	82,5–99,5	75,6–92,2	84,9–103,5
Rura podfiltrowa:	AC	AC	AC	AC	AC	stalowa	stalowa	stalowa
– średnica [mm]	200	200	200	200	200	245	245	245
– długość [m]	4,0	6,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,0	3,0
– przelot [m p.p.t.]	110,0–114,0	113,0–119,0	110,0–114,0	123,0 – 127,0	121,0 – 125,0	125,5–130,0	121,0–125,0	126,0–129,0
Obsypka [mm]	0,8–1,4	0,8–1,4	0,8–1,4	0,8–1,4	0,8–1,4	1,4–2,0	1,4–2,0	1,4–2,0

lub był porównywalny do tego z okresu budowy studni. Świadczy to o poprawnej eksploatacji ujęcia, braku kolmatacji filtrów oraz o wysokich parametrach filtracyjnych ośrodka wodonośnego, a także o dobrej konstrukcji studni. Z uwagi na bardzo dobrą jakość wód podziemnych i sprzyjające środowisko hydrogeochemiczne studnie na ujęciu są długowieczne.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia Bugno

Obliczenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia wykonano z zastosowaniem metodyki badań filtracji nieustalanej podczas przeprowadzonych w latach 1968–1969 próbnych pompowań hydrowęzłowych i pompowania zespołowego. Warunkiem niezbędnym zastosowania metod Theisa i Hantusha było ich wykonanie na jednym stopniu dynamicznym ze stałą wydajnością. Plejstoceńsko-miocenijski poziom wodonośny rejonu Szczecinka spełniał warunki do wdrożenia tych naówczas nowatorskich metod badań procesów filtracji. Obliczenia parametrów filtracyjnych z pompowań poszczególnych otworów rozpoznawczych wykonano za pomocą wzoru przybliżenia logarytmicznego Theisa-Jacoba oraz wzoru ogólnego Theisa i wzoru Hantusha.

Przykładowe pompowanie hydrowęzłowe otworu V trwało przez 74 h z wydajnością $Q = 173 \text{ m}^3/\text{h} = \text{const}$. Wyniki obserwacji zachowania się zwierciadła wody w otworach I–IV przedstawiono w postaci wykresów $\lg s = f(\lg \frac{t}{r^2})$. Wykresy doświadczałne zinterpretowano jako wykresy funkcji Theisa (rys. 6.2.5).

Wykresy doświadczałne $\lg s = f(\lg \frac{t}{r^2})$ dla poszczególnych otworów nie nałożyły się na siebie pomimo identycznej ich postaci. Oznacza to, że w obrębie warstwy przewodność jest zróżnicowana, a zbliżona tylko w otworach I oraz IV. Odległości otworów obserwacyjnych od pompowanego otworu wynosiły od 226 do 364 m (rys. 6.2.3). Miąższość warstwy wodonośnej kształtowała się w przedziale od 42 do 52 m (rys. 6.2.4), a wartości obliczonych parametrów z interpretacji pompowania: przewodności $T=60,5\text{--}67,5 \text{ m}^2/\text{h}$, współczynnika filtracji $k=1,3\text{--}1,4 \text{ m/h}$, współczynnika odsączalności sprężystej $\mu_s=0,00064\text{--}0,00135$.

Pompowanie zespołowe. Wykonano je na jednym stopniu dynamicznym przy maksymalnej wydajności wszystkich pięciu otworów (I–V). Pompowanie prowadzono ze stałym wydatkiem $Q_s = 853 \text{ m}^3/\text{h}$ przez 32 dni. Obserwowano zachowanie się zwierciadła wody zarówno w otworach pompowanych, jak i obserwacyjnych. Dla zobrazowania możliwości obliczeń parametrów filtracyjnych sporządzono wykres $\lg s = f(\lg t)$ dla piezometru P3 (rys. 6.2.6), odległego od centrum eksploatowanego zespołu o $r_z = 775 \text{ m}$. Wykres ten zidentyfikowano jako równoważny funkcji przesiąkania Hantusha $\frac{r}{B}=0,15$. Odchylenie wykresu doświadczałnego od wykresu Theisa nastąpiło po upływie 150 h; dlatego przy pompowaniu hydrowęzłowym otworu V, trwającym tylko 73 h (3 doby), proces przesiąkania nie mógł się zaznaczyć.

Obliczenia parametrów filtracyjnych dla piezometru P3 (rys. 6.2.5) przeprowadzono według wzoru Hantusha.

Dane: $\Sigma Q = 853 \text{ m}^3/\text{h}$, $r_z = 775 \text{ m}$ (odległość od środka ciężkości poboru wody), $m_{sr} = 51 \text{ m}$.

Wyniki obliczeń: $T = 84,2 \text{ m}^2/\text{h}$, $\mu_s = 0,0019$, $k = 1,44 \text{ m/h}$, $R = 1,12 B = 5800 \text{ m}$.

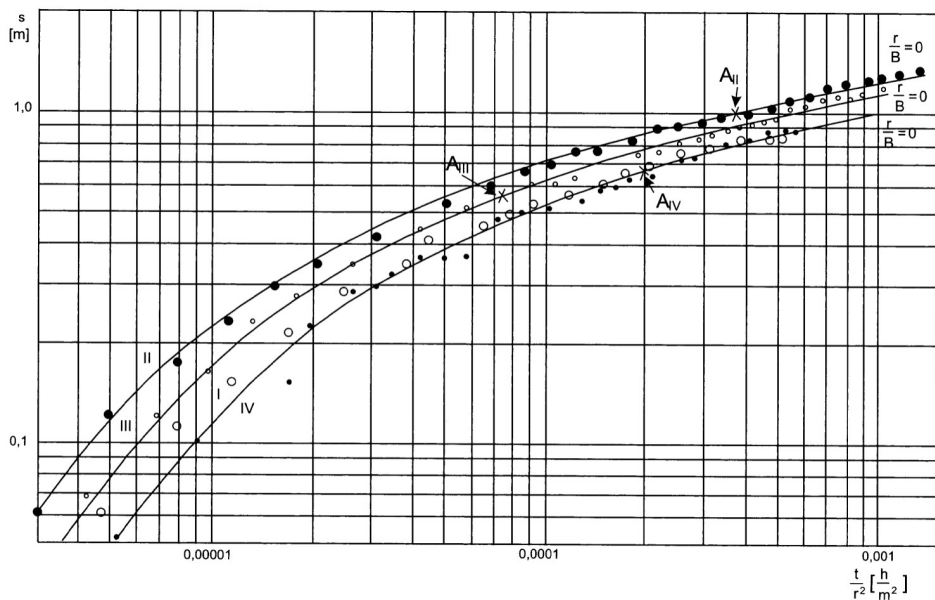
Wykorzystując przeprowadzone obliczenia i rozpoznanie warunków hydrodynamicznych w promieniu około 6 km, wykonano w stosunku do poboru w wielkości pompowania zespołowego graficzną prognozę przyrostu depresji zwierciadła wody na wykresie $s = f(\lg t)$ w otworze obserwacyjnym P3, położonym pomiędzy starym ujęciem Chyże, eksploatowanym z wydajnością $Q_{sr} = 249 \text{ m}^3/\text{h}$ z ustaloną przez lata depresją, a ujęciem Bugno (rys. 6.2.3) eksploatowanym z wydajnością pompowania zespołowego $\Sigma Q = 853 \text{ m}^3/\text{h}$. Oszacowany przyrost depresji przy eksploatacji rocznej i dziesięcioletniej zestawiono w tabeli 6.2.3 w odniesieniu do otworu P3 (rys. 6.2.3) oraz w przeliczeniu dla otworu P2 leżącego w zespole studni ujęcia i poprzez analogię w odniesieniu do depresji w eksploatowanych studniach.

We wniosku zasobowym (Żarowski, Balanicki, 1970) przedstawiono jako udokumentowaną wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego w Szczecinku z utworów plejstoceno-miocenów sumaryczną wydajność obu ujęć (Bugno i Chyże) $Q_e = 853 \text{ m}^3/\text{h} + 249 \text{ m}^3/\text{h} = 1102 \text{ m}^3/\text{h}$ (w zaokrągleniu $1100 \text{ m}^3/\text{h}$) dla obszaru zasobowego o promieniu 6 km, przy depresji rejonowej 9,0 m i depresjach w studniach od 14,5 do 22,5 m według stanu badań na dzień 25 października 1969 r. Zasoby eksploatacyjne ujęcia Bugno, określone w dokumentacji (Żarowski, Balanicki, 1970), zostały zatwierdzone przez prezesa CUG decyzją nr KDH/013/3208/W/71 z dnia 7 maja 1971 r.

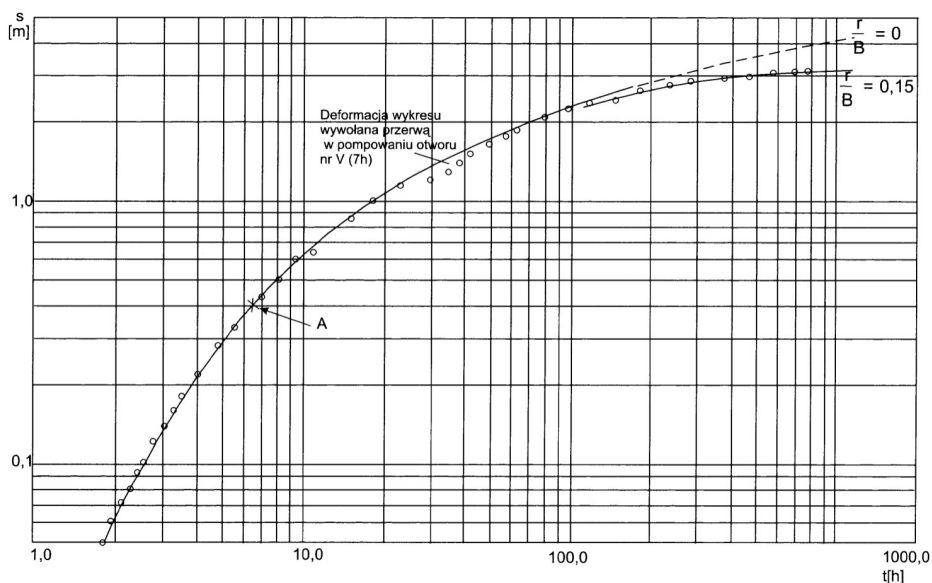
Już po ukończeniu procesu dokumentacyjnego przeprowadzono w Przedsiębiorstwie Hydrogeologicznym w Poznaniu w celach studialnych badania analogowe (Brylska i in., 1971) ujęcia Bugno. Celem rozwiązania modelowego, przeprowadzonego metodą analogii elektrohydrodynamicznej (AEHD) na papierze prze-

Tabela 6.2.3. Wyniki obliczeń prognostycznych kształtowania się depresji w otworach obserwacyjnych i w studniach ujęcia wód podziemnych Bugno w prognozie rocznej i dziesięcioletniej według metody Theisa przy poborze wody z ujęcia w wielkości wydatku pompowania zespołowego $\Sigma Q_e = 853 \text{ m}^3/\text{h}$ (Żarowski, Balanicki, 1970)

Nr otworu	Wartość depresji „S” w piezometrach i otworach rozpoznawczych podczas eksploatacji ciągłej [m]			Wydajność m^3/h Q const
	po 1 miesiącu	po 1 roku	po 10 latach	
P3	3,06	3,87	4,51	–
P2	6,71	7,94	8,98	–
I	15,19	17,22	18,26	188,15
II	20,32	21,45	22,49	166,21
III	17,49	18,72	19,76	163,30
IV	12,23	13,46	14,50	160,70
V	13,06	14,29	15,33	174,90
Q=853,26				



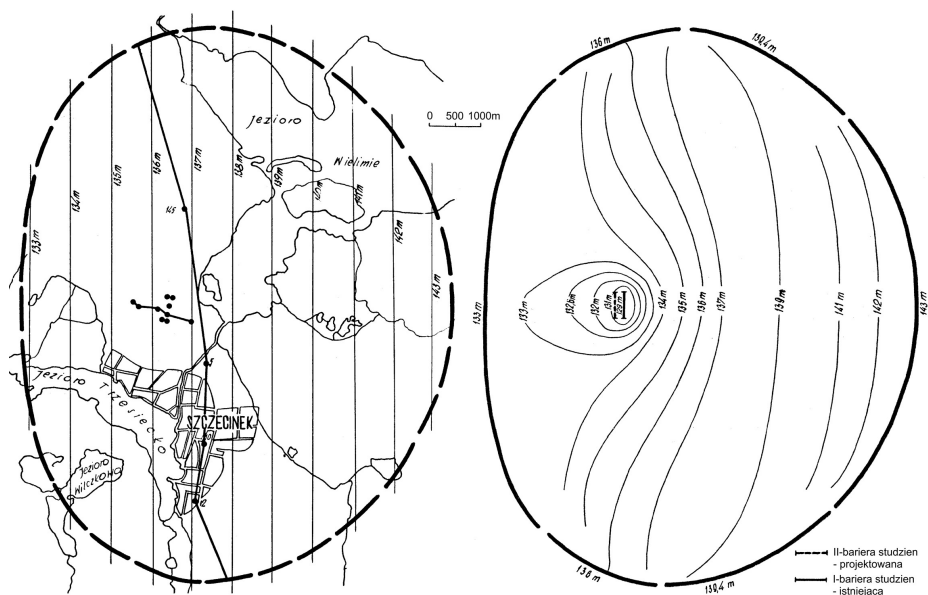
Rys. 6.2.5. Wykresy $\lg s = f(\lg \frac{t}{r^2})$ dla otworów obserwacyjnych I, II, III, IV podczas pompowania otworu rozpoznawczego nr V na terenie ujęcia Bugno w 1969 r. Mioceno-plejstocén-ska warstwa wodonośna w rejonie Szczecinka. Interpretacja według wzoru Theisa $\frac{r}{B}=0$



Rys. 6.2.6. Wykres $\lg s = f(\lg t)$ dla otworu obserwacyjnego P3 z pompowania zespołowego pięciu studni (otworów rozpoznawczych) ujęcia Bugno w rejonie Szczecinka. Interpretacja według wzoru Hantusha

wodzącym, było sprawdzenie warunków ustalenia się filtracji przy eksploatacji ujęcia Bugno z depresją zbliżoną do wytworzonej pod koniec pompowania zespołowego, przeprowadzonego w ramach dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia w 1969 r. Ze względu na dużą jednorodność przewodności hydraulicznej oraz nieograniczoną rozciągłość plejstoceno-miocenckiego poziomu wodonośnego w granicach obliczonego według wzoru Hantusha zasięgu leja depresji $R=5,8$ km (rys. 6.2.6), przyjęto elektryczny nośnik papierowy o jednakowej przewodności. Bariery studni ujęcia zamodelowano ciągłymi elektrodami o długości wynikającej ze skali modelu 1:50 000. Warunki początkowe rozwiązania przedstawiają na rysunku 6.2.7 (plansza lewa) hydroizohipsy w postaci zwierciadła cylindrycznego w przedziale wartości od 143 do 133 m n.p.m. z naturalnym spadkiem hydraulicznym $I=0,00125$ z pomiarów terenowych w otworach hydrogeologicznych na obszarze w promieniu 8 km. Umowne warunki brzegowe przyjęto na granicy wyliczonego z rozwiązania Hantusha zasięgu leja depresji, dzieląc je na podstawie układu hydroizohips na 6 odcinków odpowiadających rzędnym zwierciadła: 133, 136, 139,4 i 143 m n.p.m. (rys. 6.2.7, plansza lewa).

Rozwiązanie przeprowadzono, przyjmując depresję rejonową w I barierze studni (piezometr P2) w wielkości $s_r=7$ m. Uzyskano ustaloną wydajność w wielkości $Q=795$ m³/h, a więc odpowiadającą 93% wydajności pompowania zespołowego. Zmniejszony wydatek to wynik ustalania się warunków filtracji nie uzyskanych w pompowaniu zespołowym. Zarysowany w rozwiązaniu obraz pola hydrodyna-



Rys. 6.2.7. Model analogowy AEHD prognozy eksploatacji ujęcia wód podziemnych Bugno dla Szczecinka (Brylska i in., 1971); plansza lewa: mapa warunków początkowych i brzegowych rozwiązania analogowego, plansza prawa: mapa hydroizohips w warunkach filtracji ustalonej przy eksploatacji ujęcia Bugno z wydajnością pompowania zespołowego $SQ_e=853$ m³/h

micznego z zasięgiem oddziaływania ujęcia przedstawiono na rysunku 6.2.7 (plan-sza prawa). Sprawdzono również współdziałanie obu barier (studni I – istniejącej, II – projektowanej w cieniu bariery istniejącej) dla przyjętej depresji rejonowej.

W wyniku przeprowadzonej symulacji uzyskano dla bariery istniejącej wydajność $Q_I=628 \text{ m}^3/\text{h}$, dla projektowanej $Q_{II}=317 \text{ m}^3/\text{h}$; razem $Q=945 \text{ m}^3/\text{h}$. Porównując uzyskane wyniki stwierdzono wysoki stopień współdziałania obu barier, bowiem przyrost wydajności wyniósł zaledwie 19%.

Pobór wody i oddziaływanie ujęcia Bugno na stany i jakość wód podziemnych

Ujęcie wód podziemnych dla miasta Szczecinka przy ul. Bugno dysponuje ośmioma studniami o głębokości 114,0–130,0 m, ujmującymi plejstoceno-mioceni poziom wodonośny. Parametry hydrogeologiczne z okresu budowy studni zestawiono w tabeli 6.2.2.

Systematyczny pomiar ilości produkowanej wody z ujęcia Bugno jest prowadzony od włączenia do eksploatacji nowej stacji uzdatniania wody na tym ujęciu. Pobór wody z ujęcia w dwudziestoleciu 1990–2009 zestawiono w tabeli 6.2.4 (Świtła, 2010). Największy rozbiór wody miał miejsce do 1994 r. i kształtował się w przedziale od $413 \text{ m}^3/\text{h}$ (1994 r.) do $471 \text{ m}^3/\text{h}$ (1992 r.). W kolejnym pięcioleciu pobór systematycznie malał, pozostając w przedziale od $378 \text{ m}^3/\text{h}$ (1996 r.) do $301 \text{ m}^3/\text{h}$ (2000 r.). W pierwszej dekadzie XXI w. również się obniżał od $276 \text{ m}^3/\text{h}$ (2001 r.) do $235 \text{ m}^3/\text{h}$ (2009 r.). Było to wynikiem zmniejszonego zapotrzebowania na wodę oraz zmniejszającej się liczby mieszkańców Szczecinka w porównaniu do lat wcześniejszych. Od 1990 do 2009 r. zapotrzebowanie obniżyło się o 50%. W tych warunkach ilość czerpanej wody w stosunku do zatwierdzonych zasobów wyniosła 43% w 1994 r. i zaledwie 21% w 2009 roku, a oddziaływanie na depresję zwierciadła wody na ujęciu i na stany w jego otoczeniu jest bardzo ograniczone.

Kilkuletnia eksploatacja studni w początkach lat 90. ubiegłego wieku z dużą wydajnością, bo od 413 do $471 \text{ m}^3/\text{h}$ (do 43% wielkości zasobów), spowodowała obniżenie się zwierciadła wód podziemnych maksymalnie 3,7 m w rozumieniu depresji rejonowej na ujęciu. Dynamiczne zwierciadło wody stabilizowało się na rzędnych 132,2 m n.p.m. w studni nr I do 134,4 m n.p.m. w studni nr V. W roku 1994 miał miejsce okres najniższych stanów zwierciadła wód podziemnych w Polsce północno-zachodniej, wynikający z regionalnej suszy odnotowanej obserwacjami na Stacji Hydrogeologicznej Spore k. Białego Boru (rys. 6.2.2). Na ujęciu Bugno odnotowano w tym czasie największy pobór wody, studnie były eksploatowane z wysoką wydajnością, zaobserwowano więc w tym okresie największe depresje eksploatacyjne.

Chemizm wód podziemnych. Według klasyfikacji PIOŚ woda z ujęcia Bugno mieści się w II klasie zwykłych wód podziemnych (średniej jakości). Badania wykazały, że woda ma odczyn lekko zasadowy (pH 7,2–7,8), jest średnio twarda lub twarda ($4,24\text{--}6,1 \text{ mval/l}$), ma gnilny zapach siarkowodoru (z2G--z4G) oraz ponadnormalną zawartość żelaza (od 1,0 do $6,0 \text{ mg/l}$) i manganu ($0,13\text{--}0,46 \text{ mg/l}$). Charakteryzuje się umiarkowaną utlenialnością ($1,7\text{--}5,6 \text{ mg/l}$), niskimi stężeniami amoniaku ($0,1\text{--}0,5 \text{ mg/l}$), azotynów (n.w. – $0,01 \text{ mg/l}$), azotanów (śl. – $0,2 \text{ mg/l}$),

Tabela 6.2.4. Produkcja wody z ujęcia Bugno w Szczecinku w latach 1990–2009 (dane uzyskane od operatora ujęcia, Świtła, 2010)

Lata	tys. m ³ /rok	tys. m ³ /dobę	m ³ /h
1990	4 061 800	11 128	464
1991	4 000 100	10 959	457
1992	4 128 400	11 311	471
1993	3 842 200	10 527	439
1994	3 616 500	9908	413
1995	3 333 512	9133	381
1996	3 307 455	9062	378
1997	3 073 661	8421	351
1998	2 930 754	8029	335
1999	2 932 200	8033	335
2000	2 637 200	7225	301
2001	2 420 100	6630	276
2002	2 313 300	6338	264
2003	2 090 500	5727	239
2004	2 130 800	5838	243
2005	2 062 500	5651	235
2006	2 097 600	5747	239
2007	2 139 200	5861	244
2008	2 088 300	5721	238
2009	2 056 400	5634	235

chlorków (1,56–6,9 mg/l), siarczanów (6,2–10,7 mg/l), suchej pozostałości (265–295 mg/l). Wody ze studni bariery wschodniej – położonej bliżej jeziora Wielimie – zawierają znacznie mniejszą ilość żelaza (1,5 mg/l) w porównaniu do bariery zachodniej (2,0–6,0 mg/l). Woda pod względem bakteriologicznym nie budzi zastrzeżeń.

Z przedstawionej analizy wynika, że wody czerpane z ujęcia są dobrej jakości – wymagają jedynie odżelaziania, odmanganiania i usuwania siarkowodoru (Makowska, 2004).

W porównaniu stanu z 2002 r. (po 30 latach od rozpoczęcia eksploatacji ujęcia Bugno) z analizami fizyczno-chemicznymi z okresu budowy studni (tab. 6.2.5), które przeprowadziła Makowska (2004) można zaobserwować zmianę zapachu z naturalnego zLR roślinnego na silny gnilny siarkowodorowy z3G–H₂S. Poza zapachem nastąpił także wzrost stężenia związków żelaza w wodzie pobieranej z bariery zachodniej. Ciekawym zjawiskiem jest spadek stężenia chlorków z przedziału 4,5–23,0 mg Cl/l do 3,1–6,6 mg Cl/l.

Makowska (2004) doszła do wniosku, że zarówno mniejsza ilość żelaza w wodzie pobieranej z bariery wschodniej, jak i spadek stężenia chlorków na ujęciu wynikać może ze zwiększonego dopływu starszych wód glacialnych w warunkach eks-

Tabela 6.2.5. Porównanie jakości wody na ujęciu Bugno z okresu budowy studni i w roku 2002 (Makowska, 2004)

Nr studni	Data analizy	Barwa mg Pt/l	PH	Utlenial- ność mg O ² /l	Żelazo mg Fe/l	Chlorki mg Cl/l	Azotyny mg N/l	Azotany mg N/l	Amoniak mg N/l	Mangan mg Mn/l
I	1969	11,0–15,0	7,4	5,0	1,2	22,0	0,4	0,007	0,4–0,5	0,26
	2002	5,0	7,7	3,0	1,2	3,74	0,003	0,0	0,48	0,25
II	1969	1,0–5,0	7,4	3,8	1,2	14,0	0,01	0,02	0,4	0,46
	2002	15,0	7,6	3,2	1,0	3,4	0,0	0,0	0,48	0,25
III	1969	11,0–15,0	7,4	4,0	1,5	16,0	0,007	0,02	0,5	0,45
	2002	15,0	7,6	3,4	1,5	3,1	0,0	0,0	0,73	0,25
IV	1969	16,0–20,0	7,4	4,7	2,0	13,0	0,007	0,02	0,5	0,4
	2002	20,0	7,5	2,4	2,0	3,1	0,0	0,0	0,53	0,3
V	1969	6,0–10,0	7,4	4,6	3,0	23,0	0,007	0,02	0,4	0,32
	2002	10,0	7,4	2,9	3,0	3,1	0,0	0,0	0,53	0,3
VI	1988	21,0–25,0	7,4	2,7	2,4	6,0	0,01	0,04	0,34	0,2
	2002	20,0	7,4	2,9	4,0	3,1	0,003	0,0	0,48	0,25
VII	1987	16,0–20,0	7,6	5,6	2,2	4,5	0,0	0,2	0,5	0,25
	2002	15,0	7,4	3,1	3,0	6,6	0,0	0,0	0,58	0,25
VIII	1988	26,0–30,0	7,5	2,2	2,3	5,5	0,002	0,04	0,34	0,2
	2002	15,0	7,4	2,4	2,0	3,4	0,0	0,0	0,39	0,2

ploatacji ujęcia Bugno. Teza ta znajduje potwierdzenie w wynikach analizy wody pobranej w otworach badawczych stacji w Spore. Woda tam ujmowana z poziomu plejstoczeńsko-miocenckiego charakteryzuje się również niską zawartością chlor-
ków 3,3 mg Cl/l, azotanów <0,01 mg NO₃/l i siarczanów <1,0 mg SO₄/l (tab. 6.2.6). W celu wyjaśnienia tego zjawiska należałoby przeprowadzić szersze obser-
wacje oraz badania hydrogeologiczne.

Makowska (2004) stwierdziła, że w warunkach hydrogeologicznych panujących w rejonie ujęcia Bugno nie nastąpiły w ponad 35-letnim okresie eksploatacji ujęcia zasadnicze zmiany jakości wód podziemnych. Jednak zwiększenie depresji rejo-
nowej na ujęciu mogłoby spowodować dopływ wód z nadkładu plejstoczeńsko-mio-

Tabela 6.2.6. Jakość wód na Stacji Obserwacji PIG I rzędu w miejscowości Spore w 1999 r. (Makowska, 2004)

Nr otworu	Ujęty poziom	HCO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	NO ₃ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l
33/1	Ng	228,0	<1,0	4,37	<0,01	65,8	7,9	5,6	1,0
33/2	Q	233,0	<1,0	3,47	<0,01	61,4	9,0	8,9	1,0
33/3	Ng	128,0	<1,0	3,31	<0,01	28,8	6,3	5,2	1,0
33/4	Q	228,0	<1,0	3,31	<0,01	63,4	6,8	5,6	1,0
33/5	Q	153,0	10,6	2,33	17,2	53,3	3,1	1,5	4,0

ceńskiego poziomu wodonośnego, co prowadziłoby do pogorszenia jakości wody czerpanej z ujęcia komunalnego.

Analizując z kolei pracę poszczególnych studni w latach 2003–2008 (Świtła, 2010), stwierdzono następujące cechy hydrodynamiczne: zwierciadło wody podczas planowanych wyłączeń studni kształtowało się na głębokości od 0,5 do 2,5 m p.p.t., co wskazuje na bardzo niewielką depresję rejonową na ujęciu w ostatnich latach przy bardzo ograniczonym poborze wody z ujęcia (tab. 6.2.4). Depresja w studniach kształtowała się w przedziale od 6 do 8,5 m przy ich wydatku od 90 do 120 m³/h, co pozwalało na przemienność w pracy studni. Dlatego też utrzymywały się wysokie wydajności jednostkowe poszczególnych studni w przedziale od 12 do 21 m³/h na 1 m depresji. W okolicach jeziora Wielimie różnica ciśnień pomiędzy plejstoceno-miocenijskim poziomem wodonośnym a poziomem wód gruntowych wynosi około 2 m na rzecz poziomu wgłębnego. Przy utrzymaniu obecnej depresji nie zachodzi więc obawa o wciąganie w obieg głębszego systemu krążenia wód z poziomów płytszych o gorszej jakości. Bariere migracyjną stanowią także kompleksy glin zwałowych o dużej miąższości występujące na tym obszarze, które utrudniają migrację zanieczyszczonych wód z nadkładu.

Ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Autorzy dokumentacji zasobowej z 1970 r. (Żarowski, Balanicki, 1970) przyjęli właściwy sposób udokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych z naporowego regionalnie rozprzestrzenionego poziomu wodonośnego. Zastosowanie do obliczeń zasobowych metod badania filtracji nieustalanej według wzorów Theisa i Hantusha było przedsięwzięciem nowoczesnym i wymagało zorganizowania w trudnych wtedy warunkach terenowych i technicznych precyzyjnie prowadzonych pompowań hydrowęzłowych i miesięcznego pompowania zespołowego pod stałym całodobowym nadzorem hydrogeologicznym.

Zespół ekspertów KDH, obradujący w dniu 5 października 1970 r. pod przewodnictwem prof. Zdzisława Pazdry, rozpatrując przedstawioną dokumentację hydrogeologiczną, orzekł o poprawności wykonanych obliczeń zasobowych i przyjęciu ich do zatwierdzenia jako sumy wydajności obu ujęć (Chyże i Bugno) w okresie pompowania zespołowego, czyli $Q_e = 1100 \text{ m}^3/\text{h}$, przy prognozowanej depresji w studniach $S_c = 15\text{--}23 \text{ m}$ oraz depresji $s_r = \text{regionalnej } 9 \text{ m}$ dla wskazanego w dokumentacji obszaru o promieniu 6 km. W orzeczeniu KDH/013/3208/W/70 z dnia 8 października 1970 r. znalazło się stwierdzenie: „Komisja podkreśla przy tym wysoki poziom opracowania wynikający między innymi z zastosowania nowej metody obliczeń, która zasługuje na wszechstronne rozpowszechnianie”.

Zasoby eksploatacyjne ujęcia Bugno określone w dokumentacji (Żarowski, Balanicki, 1970) zostały zatwierdzone przez prezesa CUG decyzją nr KDH/013/3208/W/71 z dnia 7 maja 1971 r., co jest nadal obowiązującym dokumentem prawnym. W dokumentacji z 1970 r. przyjęto stan hydrochemiczny jako nie wymagający prognozy. Po wieloletniej eksploatacji ujęcia jakość wód podziemnych nie uległa pogorszeniu, a nawet w niektórych wskaźnikach (chlorki, siarczany) odnotowano zmniejszenie stężeń. Woda surowa z ujęcia nadal wymaga tylko stosowania prostych

technik uzdatniania. Odnośnie do prognozy ilościowej należy stwierdzić, że nie przekroczono w latach maksymalnego poboru z ujęcia wielkości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych, korzystając z nich (1990–1994 r.) w około 43%, a w stosunku do pompowania zespołowego w 55%. Tym samym prognoza nie została w pełni sprawdzona, choć proporcje wydajności jednostkowej ujęcia w warunkach użytkowej eksploatacji maksymalnej $471 \text{ m}^3/\text{h}/3,7 \text{ m}=127 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 m i z prognozy pompowania zespołowego $853 \text{ m}^3/\text{h}/8,98 \text{ m}=95 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 m (tab. 6.2.4) wskazują na bezpieczny charakter przyrostu depresji rejonowej na opisywanym ujęciu.

Literatura

- Brylska E. i in., 1971. Badania analogowe ujęcia wód podziemnych dla miasta Szczecinka. Przeds. Hydrogeologiczne, Poznań, lipiec 1971.
- Chomicki I., 1999a. Dokumentacja geologiczna likwidowanych 5 otworów studziennych nr 1b, 2a, 3a, 5b i 5c na terenie nieczynnego ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowo-trzecieorzędowych „Chyże” przy ul. Wodociągowej w Szczecinku. ZP-U „Hydrogeolog”, Mosina.
- Chomicki I., 1999b. Ekspertyza stanu technicznego studni na terenie ujęcia wód podziemnych z utworów plejstoceno-miocenów przy ul. Bugno w Szczecinku, Mosina. ZP-U „Hydrogeolog”, Mosina.
- Chomicki I., 1999c. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej zawierającej ustalenie zasobów wód podziemnych z utworów plejstoceno-miocenów dla potrzeb określenia strefy ochronnej miejskiego ujęcia wody przy ul. Bugno w mieście Szczecinek. ZP-U „Hydrogeolog”, Mosina.
- Cieślak M., 2008. Warunki hydrogeologiczne eksploatacji ujęć wód podziemnych miasta Koszalina (lata 1995–2007). Praca magisterska. Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM, Poznań.
- Makowska A., 2004. Warunki hydrogeologiczne eksploatacji wód podziemnych w rejonie Szczecinka ze szczególnym uwzględnieniem ujęcia miejskiego „Bugno”. Instytut Geologii UAM. Praca magisterska, Poznań.
- Światała M., 2010. Studium hydrogeologiczne eksploatacji ujęcia wód podziemnych „Bugno” w Szczecinku w latach 2005–2009. Zakład Hydrologii i Ochrony Wód UAM, Poznań. Praca magisterska.
- Ziółkowski M., 1997–2002. Sprawozdania z badań hydrogeologicznych nadzoru nad eksploatacją ujęcia komunalnego w Koszalinie wraz z elementami badań monitoringowych w latach 1996–2001. Proxima S.A. Oddział w Poznaniu.
- Żarowski A., Balanicki Z., 1970. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych w kat. „B” ujęcia wód podziemnych z utworów plejstoceno-miocenów w rejonie Szczecinka (ujęcie „Bugno”). Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu.

6.2.2. Ujęcie Stara Łubianka–Dobrzyca dla Piły

Stanisław Dąbrowski, Andrzej Hercka, Joanna Zachaś-Janecka

Informacje wstępne

Ujęcie komunalne wody w rejonie miejscowości Stara Łubianka–Dobrzyca stanowi obecnie podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę powiatowego miasta Piły, liczącego około 78 tys. mieszkańców. Właścicielem ujęcia są Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Pile Sp. z o.o. Ujęcie wód podziemnych wykonano i udokumentowano w 1984 r. w formie dwóch barier – wschodniej i zachodniej – w obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego na północ od Piły, w międzyrzeczu dolnych odcinków rzek Piławy i Rudy będących dopływami Gwdy (rys. 6.2.8). Ujęcie to uruchomiono w 2005 r. przez eksploatację bariery zachodniej. Do tego czasu miasto zaopatrywało się z ujęć oligoceńsko-liasowego i czwartorzędowego usytuowanych w Pile, które już zlikwidowano.

Lokalizacja ujęcia

Pod względem administracyjnym ujęcie Stara Łubianka–Dobrzyca znajduje się na terenach należących do gminy Szydłowo, w powiecie pilskim, w odległości około 5 km na północ od Piły. Od miasta oddziela je linia kolejowa Bydgoszcz–Szczecin. Powierzchnia obszaru zasobowego wynosi około 40 km² i w większości pokryta jest lasami, które stanowią około 80%. Ujęcie tworzą dwie bariery: zachodnia, czynna, o długości 3,3 km i wschodnia, projektowana, o długości 1,5 km. Bariera zachodnia rozciąga się wzdłuż dróg leśnych i rynny lodowcowej rzeki Rudy, na gruntach nadleśnictwa Zdrojowa Góra. Bariera wschodnia rozciągać się będzie wzdłuż prawego brzegu rzeki Piławy, w odległościach 20–150 m od jej brzegu, na terenach rolnych należących do obrębu Dobrzyca (rys. 6.2.8).

Pod względem przyrodniczym lokalizacja ujęcia oraz terenu zasobowego znajduje się w podziałach:

- fizjograficznym (Kondracki, 2002) w obrębie jednostek:
 - makroregion – Pojezierze Południowopomorskie, mezoregion – Dolina Gwdy,
- hydrogeologicznym (Paczyński, Sadurski, red., 2007):
 - region wielkopolski IV; subregion pojezierny IV₁ – SWN nizinny;
- hydrograficznym – w całości w dorzeczu Warty, w zlewni III rzędu dolnego odcinka Gwdy wpływającej do Noteci.

Opis wykonanych prac i badań związanych z udokumentowaniem ujęcia

Prace dokumentacyjne prowadzono w latach 1982–1987 na podstawie opracowanego przez Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu (autorzy: Pleczyński, Hercka) projektu prac geologicznych, który zatwierdzono decyzją prezesa CUG z dnia 25 marca 1982 r. Zakres projektowanych i wykonanych prac obejmował:

- wykonanie 12 pompowań hydrogeologicznych otworów poszukiwawczych w czasie 78–144 h, z trzykrotnym poborem prób wody,
- obserwacje roczne w dwóch piezometrach,
- obserwacje stanu i jakości wód w rzece Piławie,
- badania modelowe dla oceny zasobów eksploatacyjnych.

Prace i badania geologiczne wykonało Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu (Pleczyński, Hercka, 1984). Ustalone zasoby eksploatacyjne zostały zatwierdzone przez Prezesa CUG dnia 24 maja 1985 r. w ilości:

$$Q = 1260 \text{ m}^3/\text{h},$$

przy depresji rejonowej $S_r = 1,79\text{--}5,45 \text{ m}$,
depresji w studniach $S_c = 2,73\text{--}7,54 \text{ m}$,
w tym: dla bariery zachodniej $Q = 660 \text{ m}^3/\text{h}$,
dla bariery wschodniej $Q = 600 \text{ m}^3/\text{h}$.

Według badań modelowych w bilansie zasilania ujęcia 53% pochodzi z infiltracji wód powierzchniowych rzek: Piławy, Rudy i Gwdy.

Określono powierzchnię terenu zasobowego w wielkości $40,0 \text{ km}^2$ – granice przedstawiono na rysunkach 6.2.8 i 6.2.9.

W okresie od zakończenia prac dokumentacyjnych, od 1985 r. do 1997 r., na terenie zasobowym nie wykonywano żadnych prac i badań.

W roku 1997 rozpoczęto, a zakończono w 1998 r. prace wiertnicze związane z wykonaniem dziewięciu otworów studziennych w barierze zachodniej usytuowanej wzdłuż rynny glacialnej rzeki Rudy, zgodnie z zatwierdzonym projektem z 1984 r. Wykonawcą prac wiertniczych było PRW „Hydropol” S.A. z Gdańska (Orłowski, 1998).

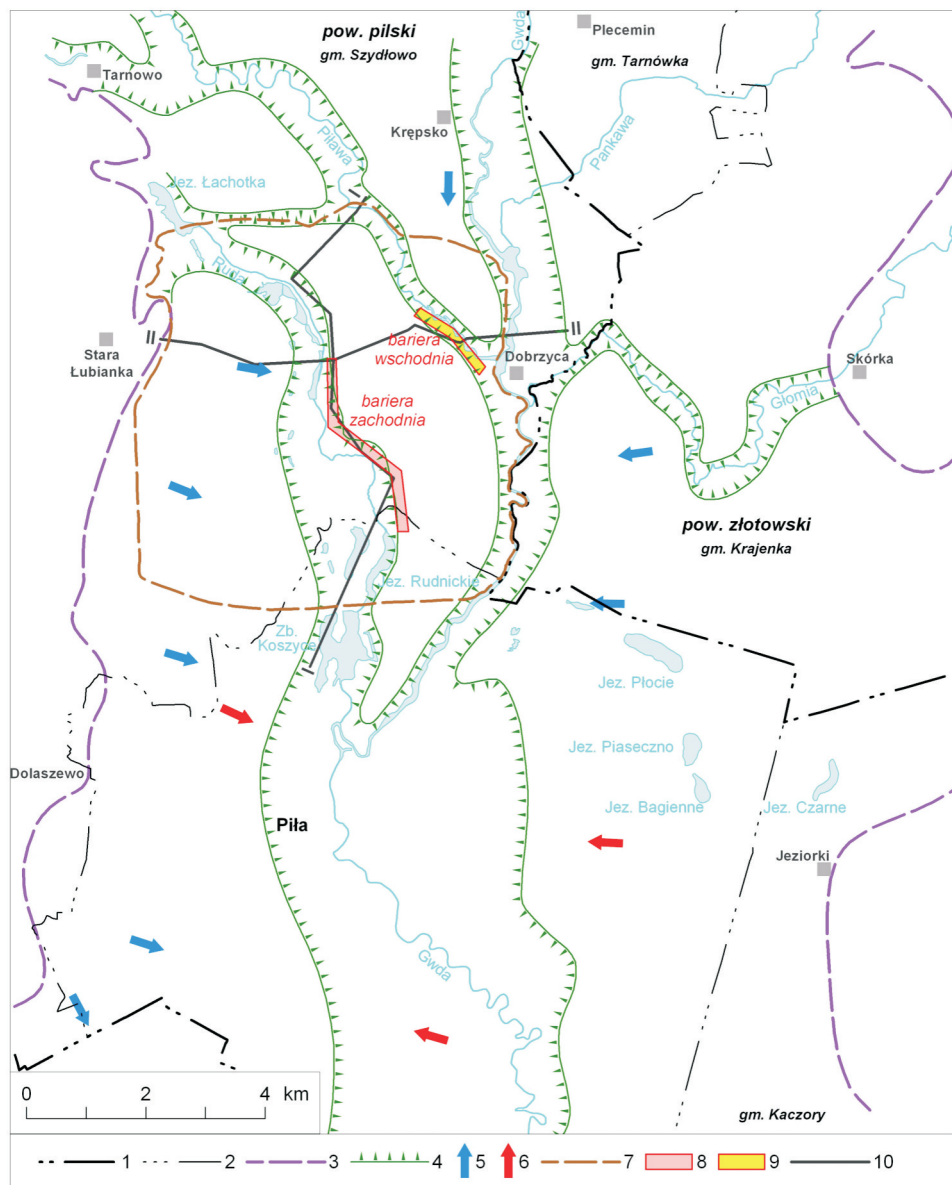
Parametry wykonanych otworów studziennych zestawiono w tabeli 6.2.7.

Na podstawie „Aneksu do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych w kategorii B z utworów czwartorzędowych z 1984 r. dotyczącego strefy ochronnej ujęcia wody dla miasta Piły w rejonie Stara Łubianka–Dobrzyca”, opracowanego w 1997 r. przez firmę Geokom (Pleczyński, 1997), wojewoda piłski decyzją z dnia 19 stycznia 1998 r. ustanowił strefę ochronną dla całego obszaru zasobowego ujęcia, tj. dla barier zachodniej i wschodniej, o powierzchni terenu ochrony pośredniej 37 km^2 (rys. 6.2.10).

Wykonany operat wodnoprawny na pobór wód podziemnych dla bariery zachodniej, składającej się z dziewięciu studni (Pleczyński, Szrajber, 2003), umożliwił uzyskanie pozwolenia na pobór wód w wielkości $660 \text{ m}^3/\text{h}$ decyzją wojewody wielkopolskiego z dnia 17 czerwca 2003 r.

Początek pracy ujęcia nastąpił w czerwcu 2005 r., przy wielkości poboru: $367\,415 \text{ m}^3/\text{m-c}$, $12\,247,16 \text{ m}^3/\text{d}$, $510,29 \text{ m}^3/\text{h}$.

Bariera zachodnia ujęcia została wyposażona w elektroniczny pomiar wydajności każdej studni i głębokości zalegania statycznego i dynamicznego zwierciadła wody. Wyniki obserwacji podlegają interpretacji i zestawiane są w formie corocznego raportu. Monitoring ujęcia prowadzony jest od kwietnia 2007 r. Raporty z monitoringu ujęcia obejmują ilość i jakość pobieranej wody z czynnej bariery oraz



Rys. 6.2.9. Szkic geomorfologiczno-hydrogeologiczny rejonu ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca
 Objasnienia: 1 – granice powiatów, 2 – granice miast i gmin, 3 – krawędzie wysoczyzny morenowej, 4 – krawędzie dolin holocénskich Gwdy i jej dopływów, 5 – kierunki przepływu wód podziemnych piętra czwartorzędowego, 6 – występowanie zagrożeń dla wód czwartorzędowych, 7 – granica obszaru zasobowego ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca, 8 – bariera zachodnia, czynna od 2005 r., 9 – bariera wschodnia, projekt z 2007 r., 10 – linie przekrojów hydrogeologicznych

pomiary w obszarze zasobowym stanów wód w otworach obserwacyjnych ujęcia i dodatkowo 2 czynnych studni użytkowników indywidualnych.

Aktualnie trwają przygotowania do wykonania bariery wschodniej według projektu prac geologicznych opracowanego przez „Hydroconsult” Sp. z o.o. w Po-

Tabela 6.2.7. Zestawienie parametrów technicznych i hydrogeologicznych studni bariery zachodniej wg stanu na 10 lutego 1998 r.

Nr otworu	3a	16	2a	17	1a	18	15a	19	20
Rzędna terenu [m n.p.m.]	88,25	87,98	88,16	87,1	85,49	83,88	84,01	84,93	76,51
Głębokość wiercenia otworu [m]/posadowienie filtra [m]	67/67	84,5/84,5	71/71	85,5/85,5	75/75	85,2/85,2	70/68	86,5/84	82,5/80
Warstwa wodonośna:									
– przełot [m p.p.t.]	43–>67	59–83,5	28–68,5	42,5–79	32–>75	21,09>85,2	24,5–>70	21,09>86,5	13,08>82,5
– litologia	Ps, Pd, Ż	Ps, Ż	Ps, Pd, Pr, Ż	Ps, Pd, Ż	Ps, Pd, Ż	Ps, Pd, Ż	Ps, Pd	Ps, Pd, Ż	Ps, Pd, Ż
– miąższość [m]	>24	24,5	40,5	36,5	>43	> 64,11	>45,5	> 57,91	> 69,42
Zwierciadło wody:									
– nawiercone [m p.p.t.]	43	59	28	42,5	32	21,09	24,5	21,09	13,08
– ustabilizowane [m p.p.t.]	21,17	21,45	22,9	22	20,78	21,09	19,58	21,09	13,08
– rzędna [m n.p.m.]	67,08	66,53	65,26	65,1	64,71	62,79	64,43	63,84	63,43
Zarurowanie:									
– średnica [mm]	406	406	406	406	406	406	406	406	406
– głębokość [m]	44	56,5	49,5	51,5	50	60	47	59	51
Zafiltrowanie:									
– przełot [m p.p.t.]	44–64	59,5–81,5	49–67	52–76	50–72	60–82	47–65	59–81	52–76
– długość [m]	20	22	18	24	22	22	18	22	24
– rodzaj filtru	PVC-U „Preussag” typ SBF-KK				DN 200 z okładziną 0 3,5–5,0 mm i osypką ø 1,6–3,0 mm				
Wyniki próbnego pompowania:									
– Q [m³/h]	102,01	100,89	96,55	96,55	102,01	95,73	96,55	96,55	81,5
– S [m]	3,75	4,63	2,86	1,7	3,21	2,27	3,17	2,38	10,43
– q [m³/hm]	27,2	21,18	33,8	56,8	31,78	42,17	30,4	40,57	57
– k[m/h]	1,23	0,76	1,19	1,4	1,03	1,08	1,06	1,08	1,34
– Q eks. [m³/h]	60	70	80	80	80	80	80	70	60

Litologia: P – piaski, Pd – drobne, Ps – średnie, Pr – różnoziarniste, Ż – żwir

znaniu w 2007 r. (Dąbrowski i in., 2007). Dla potrzeb projektu dokonano analizy wyników dwuletniej eksploatacji w zakresie ilościowym i jakościowym oraz wykonano badania modelowe dla obszaru o powierzchni 53 km², w skali 1:10 000, w układzie jednowarstwowym. Model sporządzono na stan hydrogeologiczny z maja 2005 r., sprzed uruchomienia ujęcia, na którym odwzorowano eksploatację w okresie czerwiec 2005 r.–maj 2007 r. oraz wykonano prognozy eksploatacji ujęcia dla obu barier przy $Q = 1260 \text{ m}^3/\text{h}$. Według wykonanej prognozy eksploatacji ujęcia $Q = 1260 \text{ m}^3/\text{h}$ (bariera W – 660 m³/h; bariera E – 600 m³/h) obszar zasilania i spływu wody do ujęcia wynosi 32,2 km² przy zasilaniu 703,4 m³/h z rzek, co stanowi 55,8% jego bilansu. Depresje rejonowe względem stanu średniego niskiego z 2005 r. wynoszą: bariera W – od 3,5 m do 6,9 m; bariera E – od 5,2 m do 7,3 m i odpowiednio w studniach: 4,1–9,0 m (bariera W) i 6,2–7,2 m (bariera E).

Charakterystyka geomorfologiczna i hydrograficzna

Rejon ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca znajduje się na pograniczu dwóch jednostek geograficznych: Pojezierza Wałeckiego rozciągającego się w kierunku zachodnim od Piły oraz Pojezierza Krajeńskiego na wschód od Piły (rys. 6.2.9).

Główną formą geomorfologiczną, która kształtuje omawiany teren, jest równina sandrowa zwana Sandrem Gwdy. W rejonie Dobrzyca równina ma szerokość około 10 km. Rzędne powierzchni terenu wynoszą od 75 do 90 m n.p.m. Granicę zachodnią sandru stanowią pagórki moreny czołowej Pojezierza Wałeckiego. Równina w rejonie ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca porożcinana jest rynnami rzeki Gwdy i jej dopływów – Piławy wraz z Dobrzą i Głomią oraz cieku Ruda. Dna dolin holocenijskich rzek, o szerokościach od 100 do 1000 m, zalegają na rzędnych 65–67 m n.p.m. (Gwda i Dobrzyca) oraz 70–73 m n.p.m. (Ruda).

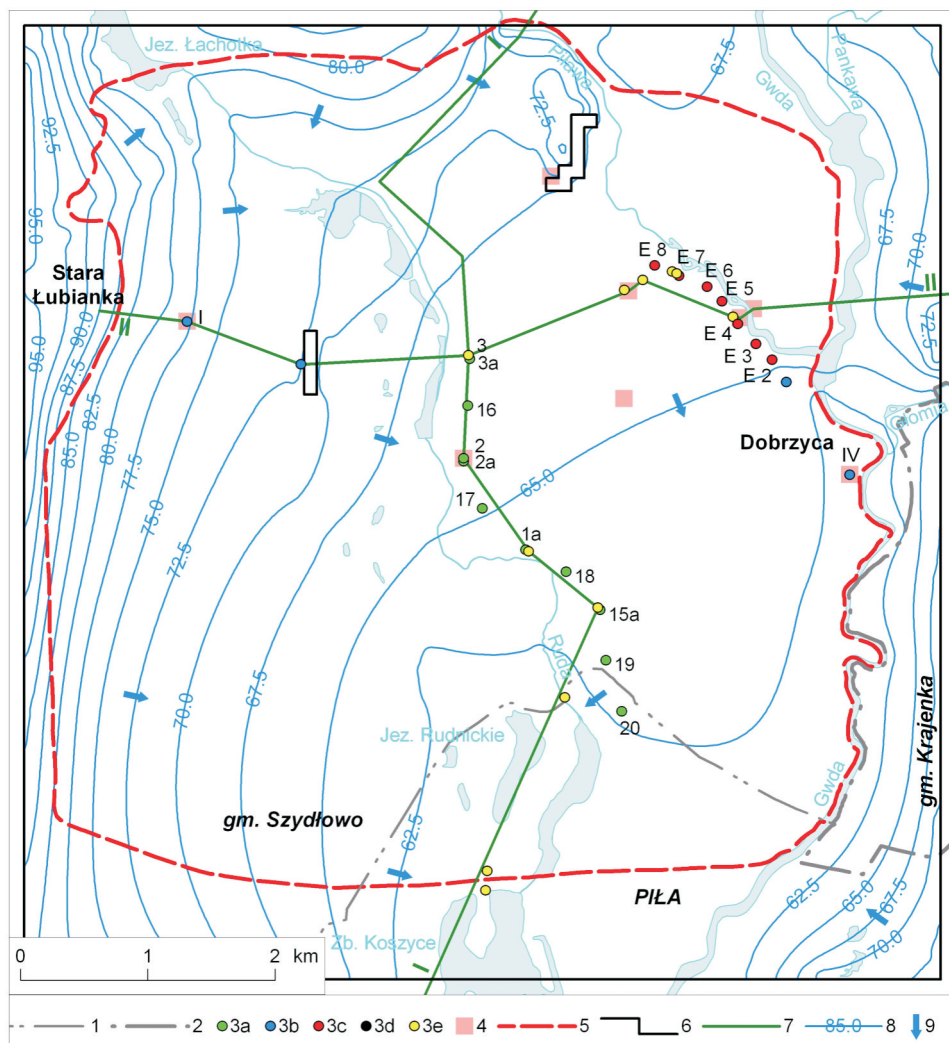
Głównym ciekim na przedmiotowym terenie jest Gwda, która stanowi wschodnią granicę zasobowego ujęcia. Dla Gwdy o powierzchni zlewni $A = 4486 \text{ km}^2$ w granicach obszaru zasobowego ujęcia, tj. 7 km powyżej wodowskazu w Pile, zostały określone przez IMGW przepływy naturalne, średnie wynoszące w roku:

- przeciętnym 25,1 m³/s,
- suchym 20,6 m³/s,
- mokrym 27,0 m³/s,

przy zróżnicowaniu przepływów miesięcznych, od najniższych 9,6–10,3 m³/s do najwyższych 64–111 m³/s.

Rzeka Gwda i Piława są spiętrzone na potrzeby niewielkich hydroelektrowni zlokalizowanych na Piławie w rejonie miejscowości Dobrzyca i na Gwdzie w rejonie Piła–Koszyce. Bariera wschodnia ujęcia – w ilości 8 studni – zaprojektowana jest na terasach nadzalewowych doliny Piławy w odległościach od 20 do 150 m od rzeki. W rejonach lokalizacji bariery stwierdzono wierceniami poszukiwawczymi występowanie okien hydrogeologicznych stanowiących kontakty hydrauliczne wód powierzchniowych i podziemnych.

Bariera zachodnia usytuowana jest wzdłuż obniżenia zajmowanego przez Rudę, wpływającą do Gwdy w obrębie miasta Piła, przepływającą przez Jezioro Rudnickie i zalew Koszyce. Średni przepływ cieku określono na $SQ = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$.



Rys. 6.2.10. Mapa dokumentacyjna ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca

Objaśnienia: 1 – granice gmin i miasta Piły; 2 – granice powiatów; 3 – otwory hydrogeologiczne: 3a – studnie istniejącej bariery zachodniej ujęcia, 3b – studnie innych ujęć, 3c – projektowane do wykonania otwory studzienne bariery wschodniej, 3d – otwory badawcze, 3e – otwory inne; 4 – otwory obserwacyjne ujęcia; 5 – granica obszaru zasobowego ujęcia przy $Q=1260 \text{ m}^3/\text{h}$; 6 – granica badań modelowych rejonu Stara Łubianka–Dobrzyca; 7 – linie przekrojów hydrogeologicznych; 8 – hydroizohipsy [m n.p.m.] stan z maja 2005 r.; 9 – kierunki splotu wód

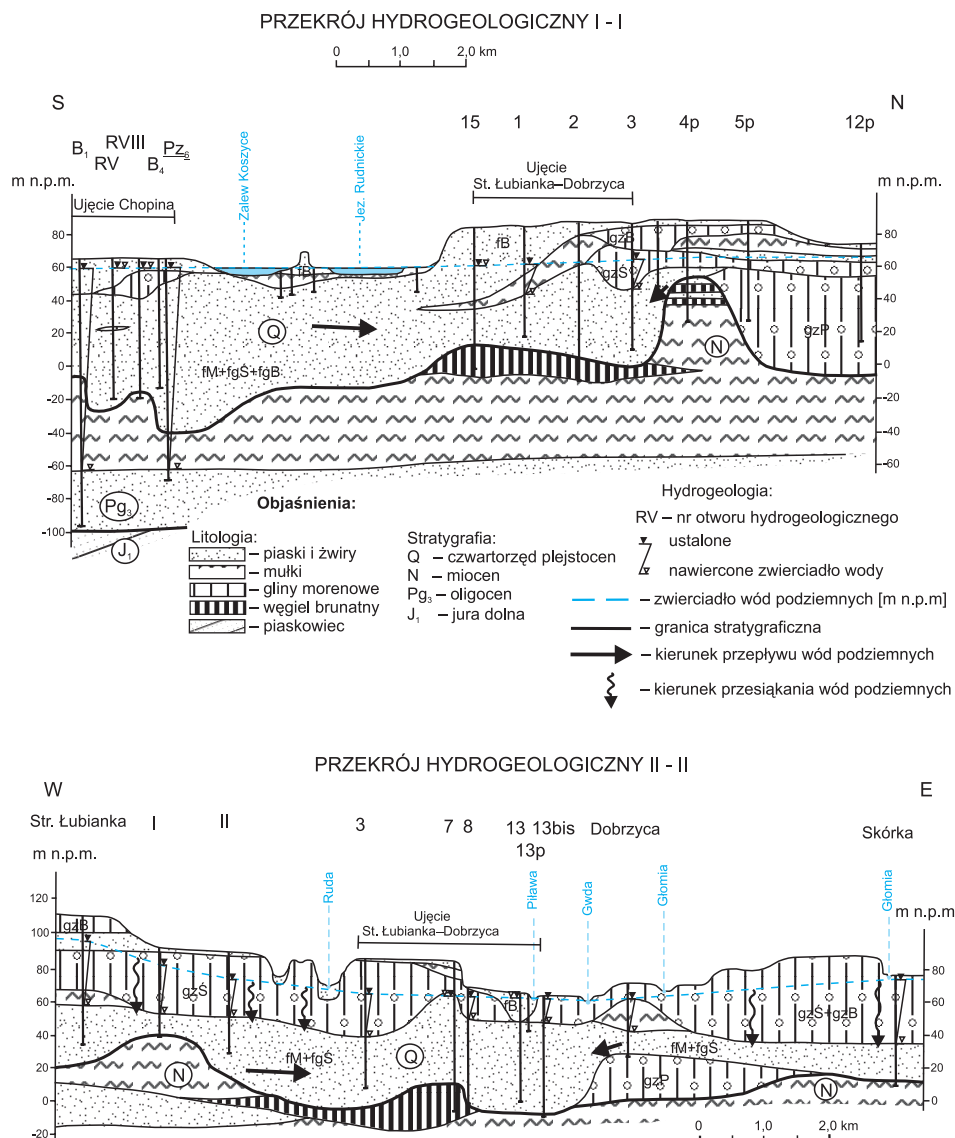
Budowa geologiczna

Na terenie ujęcia rozpoznano utwory czwartorzędu i partie stropowe neogenu – miocenu. Strop utworów miocennych w rejonie ujęcia występuje na zróżnicowanych rzędnych – w rejonach barier na rzędnych od 20 m p.p.m. do około 15 m n.p.m., zaś poza ujęciem do 50 m n.p.m. Utwory miocenu zalegają tu na piaskach

oligocenu do rzędnej około 60 m p.p.m. (rys. 6.2.11). Stanowią je muły, ropy, piaski drobnoziarniste i pylaste oraz węgle brunatne serii burowęglowej (rys. 6.2.11).

Czwartorzęd tego obszaru stanowią utwory lodowcowe, wodnolodowcowe, rzeczne i jeziorne powstałe w okresach od zlodowaceń południowopolskich po holocen.

Zlodowacenia południowopolskie reprezentowane są przez jeden nieciągły poziom glin morenowych, występujący w spągu czwartorzędu w północnej części



Rys. 6.2.11. Przemykroje hydrogeologiczne I - I, II - II

obszaru zasobowego ujęcia, już poza barierami studziennymi. Interglacjał mazowiecki reprezentowany jest tu przez serię utworów piaszczysto-żwirowych na głębokości od 10–30 m do 70–90 m.

W rejonie ujęcia gliny środkowopolskie zostały zerodowane i występują w postaci mniejszych lub większych soczew o zróżnicowanych zasięgach i miąższości.

Z okresu zlodowacenia bałtyckiego brak jest w obniżeniach utworów lodowcowych, usuniętych przez erozję wód fluwioglacjalnych i rzecznych w fazie pomorskiej tego zlodowacenia. Występują one w obrębie wysoczyzn przyległych do równiny sandrowej. Zlodowacenie bałtyckie reprezentowane jest przez utwory piaszczysto-żwirowe tarasów plejstocenijskich sandrowych i rzecznych Gwdy i Piławy, budujących tarasy wysokie. Miąższość tych utworów wynosi średnio 5,0 m, lokalnie dochodzi do 15 m. Holocen to utwory rzeczne tarasów niskich zalewowych Gwdy i Piławy oraz osady jeziorne w obrębie rynien glacialnych o miąższości osadów rzecznych do 10 m – najczęściej do 5 m.

Warunki hydrogeologiczne

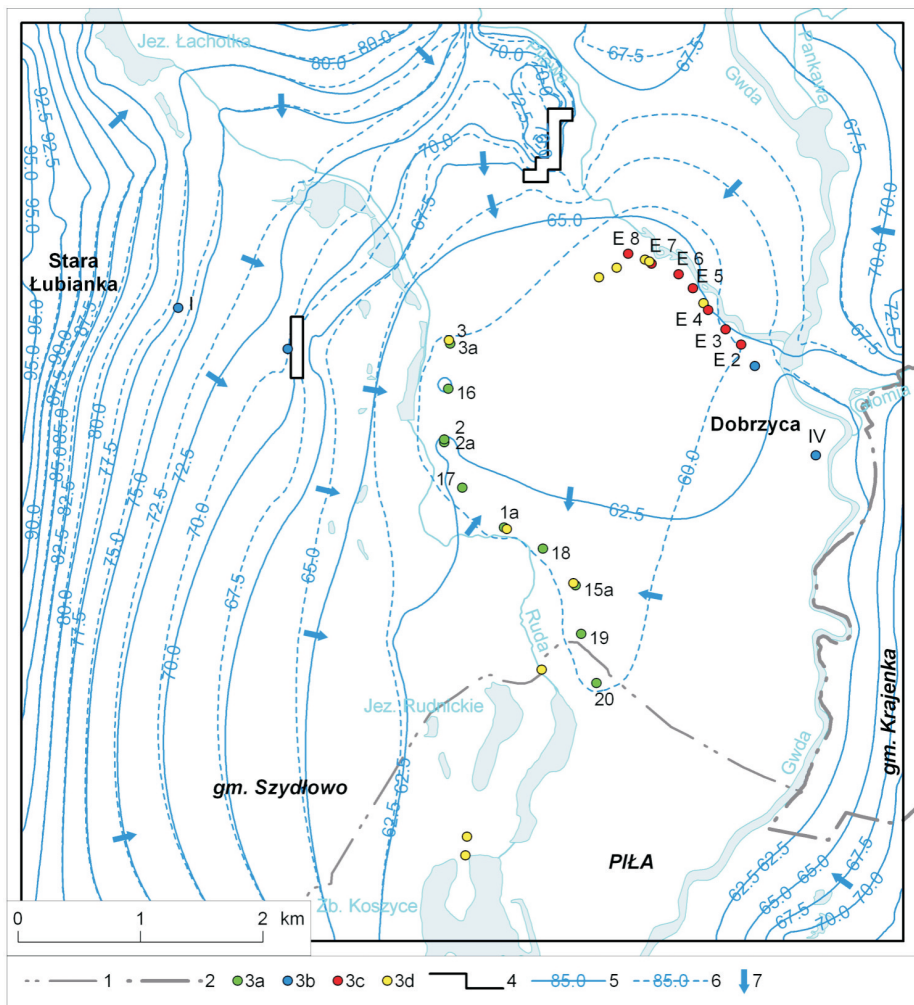
W rejonie przedmiotowego ujęcia wody zwykle występują w piętrze czwartorzędowym, trzeciorzędowym (paleogeńsko-neogeńskim) i jurajskim. Ujęcie Stara Łubianka–Dobrzyca eksploatuje wody poziomu plejstocenijskiego, piętra czwartorzędowego, natomiast wody piętra trzeciorzędowego i jurajskiego ujmowane są na terenie miasta Piły i w jego okolicy.

Poziom wodonośny piętra czwartorzędowego w rejonie ujęcia występuje w różnowiekowych utworach piaszczysto-żwirowych z interglacjału mazowieckiego, zlodowaceń środkowopolskich i zlodowacenia bałtyckiego, które uległy połączeniu hydrostrukturalnemu w dolinie Gwdy (rys. 6.2.11). Główną część osadów wodonośnych tego poziomu stanowią osady rzeczne interglacjału mazowieckiego i fluwioglacjalne z transgresji lądolodu środkowopolskiego, które poza doliną Gwdy tworzą główny poziom wodonośny wód naporowych piętra czwartorzędowego, występujący pod kompleksem glin z późniejszych zlodowaceń.

Poziom wodonośny rejonu ujęcia tworzą piaski o różnym uziarnieniu z przewagą średnioziarnistych oraz piaski pylaste, piaski ze żwirem i lokalnie żwiry o miąższości w strefie występowania doliny rzecznej z interglacjału mazowieckiego od 10 do 57 m, zaś poza nią od 0,1 do 10 m. Strop warstwy wodonośnej, który stanowi swobodny poziom zwierciadła wody lub spąg glin środkowopolskich, występuje na rzędnych od 29 do 86 m n.p.m. (w rejonie barier ujęcia na głębokości zróżnicowanej od 4 do 40 m w barierze zachodniej oraz od 4 do 24 m w barierze wschodniej). Spąg warstwy wodonośnej stanowią mulki, ropy i węgle brunatne mio-cenu lub gliny morenowe zlodowacenia południowopolskiego; zalega on na rzędnej od 15 do 67 m n.p.m. Współczynnik filtracji osadów, zależny od uziarnienia, waha się od 0,04–0,2 m/h dla piasków pylastych do 2,0–2,7 m/h dla piasków gruboziarnistych i żwirów, średnio w rejonie ujęcia wynosi 0,9 m/h. Przewodność poziomu jest zmienna i wynosi w rejonie ujęcia 9–142 m²/h, zaś poza nim zwykle 1–90 m²/h, zasobność sprężysta wynosi 0,00021–0,002.

Poziom wodonośny jest poziomem swobodno-naporowym powiązanym ściśle z ciekami: Rudą, Piławą i Gwdą oraz zbiornikami jezior naturalnych i retencyjnych,

które stanowią bazy drenażu (rys. 6.2.12). Zasilanie poziomu w naturalnych warunkach następuje przede wszystkim na drodze infiltracji opadów atmosferycznych głównie w półroczu zimowym. Według wykonanych badań modelowych wynosi ono średnio 11,1 m³/h/km². Poziom ten na obszarze ujęcia jest także zasilany z drenażu niżej zalegających poziomów mioceńskiego i oligoceńskiego w wielkości 0,8 m³/h/km². Przy eksploatacji ujęcia wody, wskutek wytworzenia się lejów depresyjnych na linii barier, uruchomione jest zasilanie z wód powierzchniowych, a jego wiel-



Rys. 6.2.12. Mapa hydroizohips poziomu plejstocénskiego ujęcia przy eksploatacji w maju 2007 r. i w wielkości zatwierdzonych zasobów $Q = 1260 \text{ m}^3/\text{h}$

Objaśnienia: 1 – granice gmin i miasta Piły; 2 – granice powiatów; 3 – otwory hydrogeologiczne; 3a – studnie istniejącej bariery zachodniej ujęcia, 3b – studnie innych ujęć, 3c – projektowane do wykonania otwory studzienice bariery wschodniej, 3d – otwory inne; 4 – granica badań modelowych rejonu Stara Łubianka–Dobrzyca; 5 – hydroizohipsy [m n.p.m.], stan z maja 2007 r.; 6 – hydroizohipsy [m n.p.m.], stan prognozowany; 7 – kierunki spływu wód

kość zależna jest od wielkości i charakteru zbiornika powierzchniowego oraz wielkości depresji związanej z wydatkiem ujęcia.

Jakość wody

Badania jakości wód z lat 1982/83 i 1997 z okresu sprzed eksploatacji wykazują, że w stanie naturalnym były to wody średnio twarde (160–320 mg CaCO_3/l), o odczynie pH – 7,2–8,5, najczęściej 7,2–7,6, o suchej pozostałości od 90 do 300 mg/l, o barwie poniżej 15 mg Pt/l i utlenialności około 2,0 mg O_2/l . Zawartość siarczanów i chlorków jest niewielka, odpowiednio: 4–35 mg SO_4/l i 4–11 mg Cl/l , azotany i azotyny występują w ilościach śladowych, zaś amoniak od ilości śladowych do 0,6 mg N/l. Przekroczenia normy dla wód pitnych wykazują jedynie związki żelaza i manganu, które stwierdza się w ilościach 0,2–4,2 mg Fe/l, najczęściej 1–2,5 mg Fe/l, oraz manganu od ilości śladowych do 0,2 mg Mn/l, sporadycznie więcej. Między poszczególnymi rejonami badań wody, tj. rejonami zlewni Rudy, Piławy i międzyrzeczka nie ma większych różnic, mają one podobny skład fizyczno-chemiczny. Są to więc wody o korzystnym składzie fizyczno-chemicznym, nadające się do celów pitnych i gospodarczych, wymagające prostego uzdatnienia.

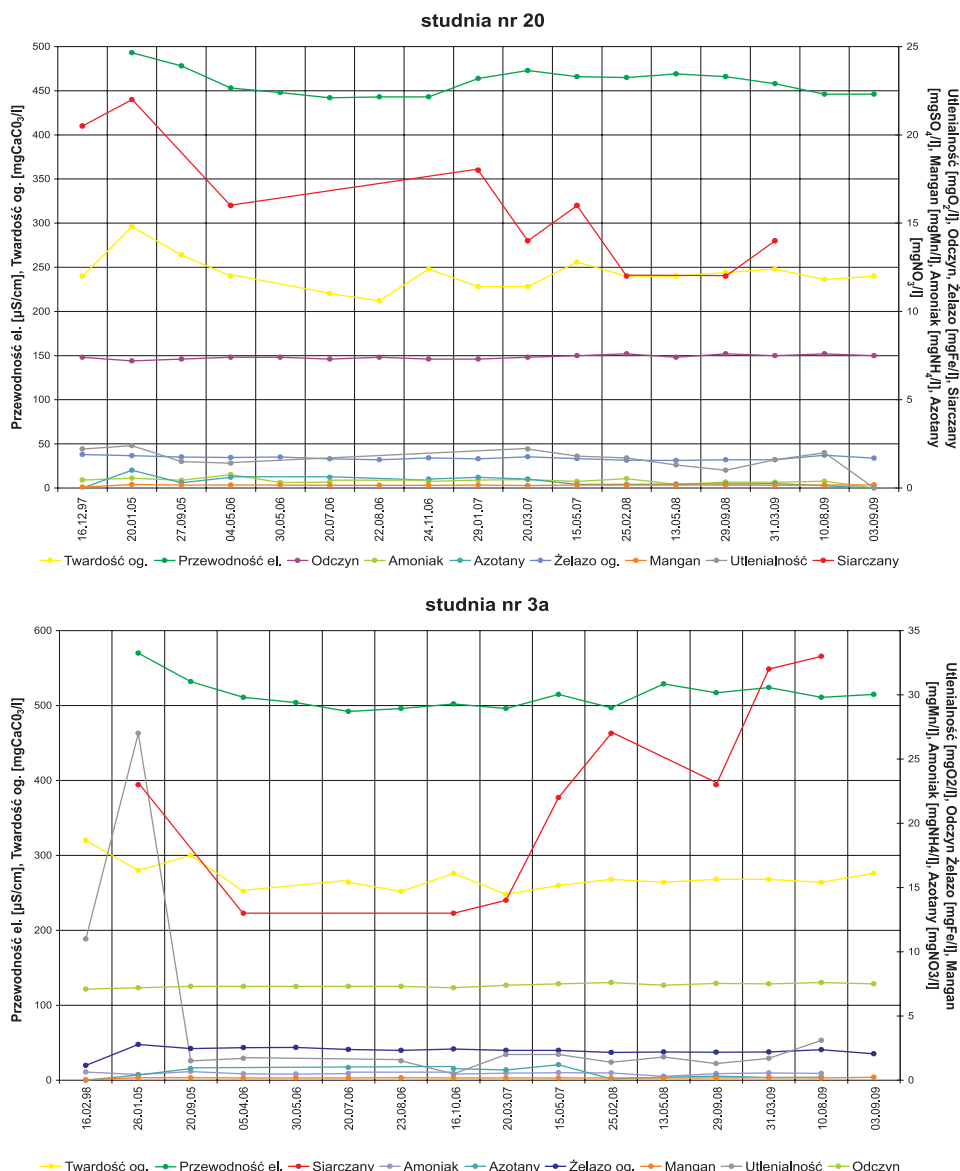
Jakość wód podziemnych bariery zachodniej i jej zmiany w latach 2005–2010

Badania jakości wód ze studni bariery zachodniej wykonuje systematycznie dwa razy do roku laboratorium MWiK S p. z o.o. w Pile. Na ich podstawie sporządzono wykresy zmian wybranych parametrów fizyczno-chemicznych dla okresów: 1997 r. oraz styczeń 2005–wrzesień 2009 r. dla studni nr 20 i nr 3a, które zamieszczono na rysunku 6.2.13. Natomiast w tabeli 2 zestawiono cechy statystyczne oraz tło hydrochemiczne podstawowych parametrów fizyczno-chemicznych wód podziemnych bariery zachodniej ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca.

Analizę trendów zmian jakości wody w latach 2005–2009 w okresie eksploatacji bariery zachodniej ujęcia oparto na wybranych parametrach fizyczno-chemicznych charakteryzujących wpływy środowiskowe, tu czynnika antropogenicznego, które powodowały ewentualne zanieczyszczenie, oraz wzięto pod uwagę zasilanie z wód powierzchniowych rzeki Rudy. Podstawą tej analizy są wykresy zmian wybranych parametrów fizyczno-chemicznych w eksploatowanych studniach przedstawione na rysunku 6.2.13 (przewodność elektryczna, twardość wody, utlenialność, odczyn (pH), zawartości żelaza i manganu, siarczanów, amoniaku i azotanów).

Wykonane wykresy kształtowania się wybranych parametrów fizyczno-chemicznych dla dwóch charakterystycznych studni 3A i 20 wykazują praktycznie stałość parametrów bez wyraźnie zarysowanych trendów. Różnice w wielkościach tych parametrów wynikają ze sposobu poboru, prób i błędów oznaczeń, z wyjątkiem zawartości siarczanów. Zmiany zawartości siarczanów, ich wzrost dotyczy tylko studni, w których początkowo były stwierdzone ich małe wielkości, a wzrastają one w trakcie eksploatacji do wielkości średnich tła w rejonie bariery ujęcia (tab. 6.2.8). Taka sytuacja hydrochemiczna wynika z istniejącego leśnego zagospodarowania terenów znajdujących się na obszarze zasilania tej bariery. W przyszłości z tej przyczyny nie przewiduje się zmian w chemizmie. Zmiany te mogą wystąpić w cyklu lat mokrych.

Na koniec roku 2010 można stwierdzić, że w czynnym ujęciu – barierze zachodniej składającej się z dziewięciu studni o łącznym średnim poborze z pięciu lat wynoszącym 504 m³/h – eksploatacja nie wpłynęła na zmianę (pogorszenie) badanych oznaczeń składu fizyczno-chemicznego wody podziemnej w rejonie terenu zasobowego. Badania jakości wody w piezometrach na terenie zasobowym wykazują podobne wyniki fizyczno-chemiczne wody jak w obrębie czynnej bariery.



Rys. 6.2.13. Wykresy zmian wybranych parametrów fizyczno-chemicznych w studniach 20 i 3a ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca w latach 1997, 2005–2009

Tabela 6.2.8. Cechy statystyczne wybranych parametrów fizyczno-chemicznych wód podziemnych bariery zachodniej ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca w latach 1997–2010

Cecha statystyczna	Odczyn pH	Twardość ogólna	Prze- wodność elek- tryczna	Utle- nia- ność	NH ₄	NO ₃	SO ₄	Fe	Mn
		mgCaCO ₃ /l	μS/cm						
Liczba oznaczeń	98	83	89	68	85	68	54	98	96
Wartość maks.	7,6	320,0	570,0	3,0	0,9	5,3	36,0	5,9	1,2
Średnia arytmetyczna	7,4	242,1	472,2	1,7	0,4	2,3	15,6	1,8	0,2
Wartość min.	7,1	160,0	415,0	0,5	0,07	0,3	1,0	0,7	0,05
Odchylenie standardowe	0,09	25,7	27,8	0,5	0,17	1,2	6,5	0,8	0,1
Współczynnik zmienności	1,3	10,6	5,9	29,3	37,5	52,6	41,6	43,2	78,7
Tło hydrochemiczne	7,2–7,5	220–300	430–530	1,0–2,5	0,3–0,9	0,5–4,0	5–30	1–3	0,15–0,2

Infrastruktura ujęcia i stacji wodociągowej

Zestawienie parametrów technicznych i hydrogeologicznych dziewięciu studni bariery zachodniej po ich wykonaniu w 1988 r. zawiera tabela 6.2.7. Pompy głębinowe – I stopień podnoszenia – tłoczą wodę ze studni magistralą Ø 300 mm i Ø 700 mm do napowietrzalni w stacji uzdatniania wody w Pile, przy ul. Wałeckiej. Po napowietrzeniu woda spływa do zbiorników reakcji i dalej na filtry otwarte popieszne o powierzchni 137,8 m², a następnie do zbiorników podfiltrowych – 2 × 1120 m³, skąd pompy II° tłoczą wodę po chlorowaniu do sieci oraz zbiorników wyrównawczych w Dolaszewie. Wody popłuczne odprowadzane są do odстойników, stąd po sklarowaniu przez 24 h spływają przez zbiornik retencyjny i rów melioracyjny do zbiornika Koszyce.

Charakterystyka eksploatacji ujęcia

Strukturę poboru wody z ujęcia składającego się z bariery zachodniej – 9 studni, z lat 2005–2010 przedstawiono w tabeli 6.2.9.

W całym okresie eksploatacji nie uzyskano zakładanej średniej wydajności bariery zachodniej, tj. $Q = 660 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tabela 6.2.9. Pobór wody z ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca w latach 2005–2010

Rok hydrologiczny	ΣQ w m ³ /r	Qśr. w m ³ /d	Qśr. w m ³ /h	Miesiąc maks. poboru
				Qśr. w m ³ /h
2005–2006	4 660 665	12 768,9	532,0	czerwiec – 574
2006–2007	4 369 445	11 971,0	498,8	kwiecień – 525
2007–2008	4 468 012	12 241,1	510,0	maj – 565
2008–2009	4 224 963	11 575,2	482,3	sierpień – 516
2009–2010	4 348 385	11 913,3	496,4	lipiec – 569

Porównanie prognozy zasobowej z wynikami eksploatacji

W tabeli 6.2.10 zestawiono dane dla ujęcia według ustalonych zasobów eksploatacyjnych w 1984 r., prognozy wykonanej w 2007 r. dla 25-letniej eksploatacji ujęcia oraz dane z monitoringu ujęcia przy eksploatacji jego bariery zachodniej w latach 2005–2007.

Tabela 6.2.10. Porównanie prognoz modelowych i eksploatacji ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca

Prognoza/eksploatacja	Bariera	Wydatek [m ³ /h]	Depresja rejonowa [m]	Depresja w studniach [m]
Prognoza zasobowa 1984 r.	Zachodnia	660,0	1,8–5,3	2,73–7,54
	Wschodnia	600,0	2,56–5,48	4,71–7,46
	Razem	1260,0	1,8–5,45	2,73–7,54
Prognoza modelowa 2007 r.	Zachodnia	660,0	3,5–6,7	4,1–9,0
	Wschodnia	600,0	5,2–7,3	6,2–7,2
	Razem	1260,0	3,5–7,3	4,1–9,0
Eksploatacja 2007 r.	Zachodnia	536,7	2,2–3,6	2,23–9,42
Eksploatacja 2010 r.	Zachodnia	496,4	2,1–3,4 (0,41–1,05)*	3,02–9,2

*wg piezometrów nr 6 i 7 odległych od 1,3 do 2,2 km od bariery

Prognozę w 2007 r. wykonano na obserwowany stan niski w maju 2007 r. w warunkach filtracji ustalonej i nieustalonej. Zbudowany model matematyczny dotyczył obszaru filtracji podobnego do modelu zasobowego z 1984 r., lecz uwzględnił dodatkowe wyniki rozpoznania hydrogeologicznego z wierceniem studni bariery zachodniej oraz obserwacje zmian zwierciadła wody poziomu wodonośnego pod wpływem prowadzonej eksploatacji. Prognoza ta skorygowana o nowe dane i ustalenia modelowe wykazała, że rzeczywiste obniżenia poziomu wód w rejonach eksploatowanej bariery z wydatkami projektowanymi będą o 1,6–1,8 m większe w barierze zachodniej i 1,8–2,5 m w barierze wschodniej. Powyższe wynika z braku dobrego rozpoznania parametrów oporów filtracyjnych zbiorników wodnych – rzek, są one mniej korzystne dla filtracji, jak również niższych stanów tych wód niż przyjmowano w 2007 r.

Natomiast w kwestii przewidywanych zmian jakości wody prognoza z 1984 r. zakładająca stan jakości wód bez większych zmian, z wyjątkiem możliwych zanieczyszczeń antropogenicznych, okazuje się trafna. Stan aktualny jest podobny do wcześniejszego.

W tabeli 6.2.11 przedstawiono porównanie parametrów eksploatacyjnych poszczególnych studni w latach 2005–2010. Średnią wydajność w m³/h studni oraz ich rzędne zwierciadła wody przedstawiono na rysunku 6.2.14 dla okresu eksploatacji 5 lat. Depresję całkowitą w studniach bariery zachodniej SC przy ΣQ ujęcia (tab. 6.2.10) analizuje się, uwzględniając:

1. prognozę eksploatacji z dokumentacji zasobowej – 1984 r.,
2. prognozę eksploatacji na 25 lat bariery zachodniej – wg modelu z 2007 r.,

Tabela 6.2.11. Porównanie wyników prognoz z istniejącą eksploatacją bariery zachodniej ujęcia Stara Łubianka–Dobrzyca

Rok	Nr studni										ΣQ
	20	19	15a	18	1a	17	2a	16	3a	14	
	depresja całkowita w studniach [m]										
1984 – model	2,73	3,26	3,69	4,83	6,76	7,54	5,63	6,38	6,72	–	660
2007 – model	3,4	4,14	4,89	5,35	5,74	4,92	5,13	6,67	5,71	1,9	690
15.10.2010 – pomiar	4,27	5,42	8,68	7,06	9,20	3,02	7,99	8,92	4,60	–	508

3. pomiar z dnia 15 października 2010 r., dane podane w tab. 6.2.11.

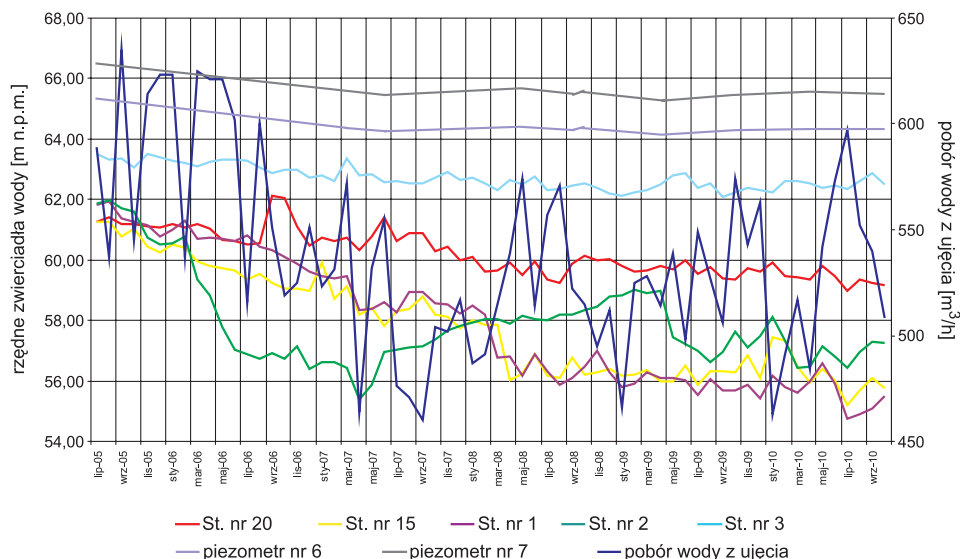
Występujące różnice w wielkościach depresji i ich przyrost wynikają z indywidualnych cech poszczególnych studni, jak również z narastających zmian powodowanych eksploatacją i technicznym wykonaniem studni – wpływ kolmatacji.

W danym przypadku przyczyny wzrostu depresji przy zmniejszeniu wydajności studni i w sumie całego ujęcia upatruje się także, niezależnie od innych czynników, w sposobie filtrowania otworów studziennych po ich odwierceniu w latach 1997–1998.

Wszystkie dziewięć otworów zafiltrowano według jednego schematu filtrem PVC-U firmy Preussag, typ SBF-KK, DN 200 z okładziną $\varnothing$ 3,5–5,0 mm i szczeliną 2 mm. Zastosowano luźną obsypkę $\varnothing$ 1,6–3,0 mm (tab. 6.2.7). Ujmowane osady to piaski drobnoziarniste, średnie i żwiry. Podstawą przyjęcia takiej wersji filtrowania były cztery otwory poszukiwawcze wykonane w linii bariery w roku 1984. Zastosowana gruba granulacja okładziny filtra i drobniejsza granulacja obsypki powodują uszczelnienie – upakowanie ziaren żwiru na styku powierzchni filtra, obsypki i warstwy wodonośnej. Przy filtrowaniu (dobrze granulacji okładziny) nie uwzględniono indywidualnych warunków granulometrycznych warstwy wodonośnej w poszczególnych studniach (nie zostały wykonane analizy granulometryczne warstwy wodonośnej w części zakładanej do filtrowania). W efekcie w początkowej fazie eksploatacji odnotowano znaczne ilości piasku drobnego w urządzeniach uzdatniających wodę. Piaszczenie w niektórych studniach było wynikiem zastosowania okładziny filtrów i obsypki nieprzystosowanych do sekwencji profilu geologicznego z drobnymi frakcjami piasku. Piaszczenie z czasem ustąpiło i po roku eksploatacji zaobserwowano w pierwszej studni nr 2a spadek wydajności jednostkowej. Po dwóch latach proces ten objął również pozostałe studnie, co dokumentuje w przedziale czasu (rys. 6.2.14).

Na rysunku 6.2.14 określenie „czynności usprawniające” odnosi się do wykonanych prac w studniach mających na celu zmniejszenie depresji. Czynności te polegały na:

- przemyciu filtra sprężonym powietrzem w celu zmniejszenia kolmatacji mechanicznej,
- zastosowaniu środka chemicznego – „kwas cytrynowy” (kwas hydroksytrojekarboksylowy), który pozostawiony przez kilkanaście godzin w otworze rozpuszczał osad na filtrze wynikły z kolmatacji chemicznej (wytrącone związki węgla wapnia i żelaza),



Rys. 6.2.15. Zwierciadło wody w otworach studziennych i piezometrach w trakcie eksploatacji ujęcia Stara Łubianka-Dobrzyca w latach 2005–2010

niżenie zwierciadła wody nie wpływa niekorzystnie na lasy. Statyczny – naturalny – poziom wód poza dolinami rzek wynosi tu poniżej 4 m i jest poza zasięgiem systemów korzeniowych drzew. Lasy w rejonie bariery zachodniej „nie korzystają” z wód podziemnych omawianego poziomu wodonośnego.

Ocena metod wykonywania obliczeń i prognozy zasobowej

Wykonany zakres prac i badań terenowych dla rozpoznania hydrogeologicznych struktur i budowy ujęcia wód podziemnych z dużym udziałem infiltracji wód powierzchniowych był wystarczający do sporządzenia modelu matematycznego w celu opracowania w miarę wiarygodnej prognozy zasobów eksploatacyjnych. Obserwowana niezgodność prognozy w zakresie większego obniżenia rejonowego zwierciadła wody i w strukturach na linii eksploatowanej bariery jest wynikiem:

- trudności oceny kontaktów wód podziemnych z powierzchniowymi w standardowych badaniach hydrogeologicznych, a możliwych dopiero przy eksploatacji ujęcia,
- braku prognoz kolmatacji filtrów studziennych podczas eksploatacji.

Niemniej przyjęte metody oceny zasobów eksploatacyjnych poprzez wykonanie pompowań indywidualnych w hydrowęzłach oraz pompowania zespołowego były jedynymi wiarygodnymi metodami dla przedmiotowego ujęcia. Wykazują one trafność co do wielkości oceny wydatku ujęcia. Analiza dwuletniej eksploatacji bariery zachodniej ujęcia pozwoliła wprowadzić korekty do modelu matematycznego i wykonać nową prognozę jego eksploatacji. Według tej prognozy wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęcia, 1260 m³/h, będzie możliwa do uzyskania przy zwiększonej depresji rejonowej o 1,6–1,8 m w barierze zachodniej i 1,8–2,5 m w barierze wschodniej. Natomiast prognoza jakości wód ujęcia w 1984 r. jest trafna.

Literatura

- Dąbrowski S., 1993. Ocena zeskoku i sprawności technicznej studni ujęć wielootworowych na podstawie badań wzniosu zwierciadła wody. [W:] Problemy ujmowania i ochrony wód podziemnych. UAM, Poznań.
- Dąbrowski S., Hercka A., Rynarzewski W., Pawlak A., 2007. Projekt prac geologicznych na wykonanie likwidacji 5 otworów, wykonanie siedmiu otworów studziennych eksploatacyjnych z bariery wschodniej ujęcia komunalnego m. Piły wraz z analizą wyników jego eksploatacji w latach 2005–2007 w rejonie Stara Łubianka–Dobrzyca. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Orłowski R., 1998. Aneks nr 1 do dokumentacji zasobowej ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych w rejonie Stara Łubianka–Dobrzyca. Przedsiębiorstwo Robót Wiertniczych – Hydropol S.A., Gdańsk.
- Pleczyński J., 1997. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych w kat. B z utworów czwartorzędowych z 1984 r. dotyczący strefy ochronnej ujęcia wody dla m. Piły w m. Stara Łubianka–Dobrzyca. Geokom, Poznań.
- Pleczyński J., Hercka A., 1984. Dokumentacja zasobowa ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych w m. Stara Łubianka–Dobrzyca. P.G. we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.
- Pleczyński J., Wilczyński M., 2003. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej z 1984 r. ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych (bariera zachodnia ujęcia dla m. Piły) w rejonie Stara Łubianka–Dobrzyca, gm. Szydłowo, pow. pільski, woj. wielkopolskie. Geokom Sp. z o.o., Poznań.

6.2.3. Ujęcie Gruszczyń dla aglomeracji Poznania

Stanisław Dąbrowski, Maria Trzeciakowska, Maria Dąbrowska

Wstęp

Ujęcie Gruszczyń jest jednym z ujęć wód podziemnych poznańskiego systemu wodociągowego, położonym na wschód od Poznania pomiędzy Swarzędzem a Kobylnicą w miejscowości Gruszczyń (rys. 6.2.16).

Studnie ujęcia ujmują czwartorzędowy poziom wodonośny wielkopolskiej doliny kopalnej z głębokości 56–80 m, stanowiącej GZWP nr 144. Jest ono łącznie z ujęciem Promienko, z tego samego poziomu wodonośnego, wykorzystywane do zaopatrzenia w wodę miasta Swarzędza i wschodnich dzielnic Poznania, po uzdatnieniu w stacji uzdatniania wody w Gruszczyń. Ujęcie zostało udokumentowane w 1976 r. (Dąbrowski, Żarowski, 1976), włączone do eksploatacji w początkach 1980 r. i jest eksploatowane ze zmiennym wydatkiem do 439 m³/h, najczęściej w wielkości około 320 m³/h. Aktualnie przewidywana jest jego eksploatacja w wielkości 500 m³/h, stanowiąca zasoby eksploatacyjne ujęcia. W systemie wodnogospodarczym RZGW Poznań ujęcie położone jest w Regionie Poznańskiej Zlewni Warty – P-X, rejonie C – Cybina i Główna. Pobór wody ujęcia z podsystemu wodonośnego Cybiny stanowi 31% jego zasobów dyspozycyjnych. Pod względem podziału hydrogeologicznego Polski (Paczyński, red., 1995) położone jest w regionie wielkopolskim (VI).

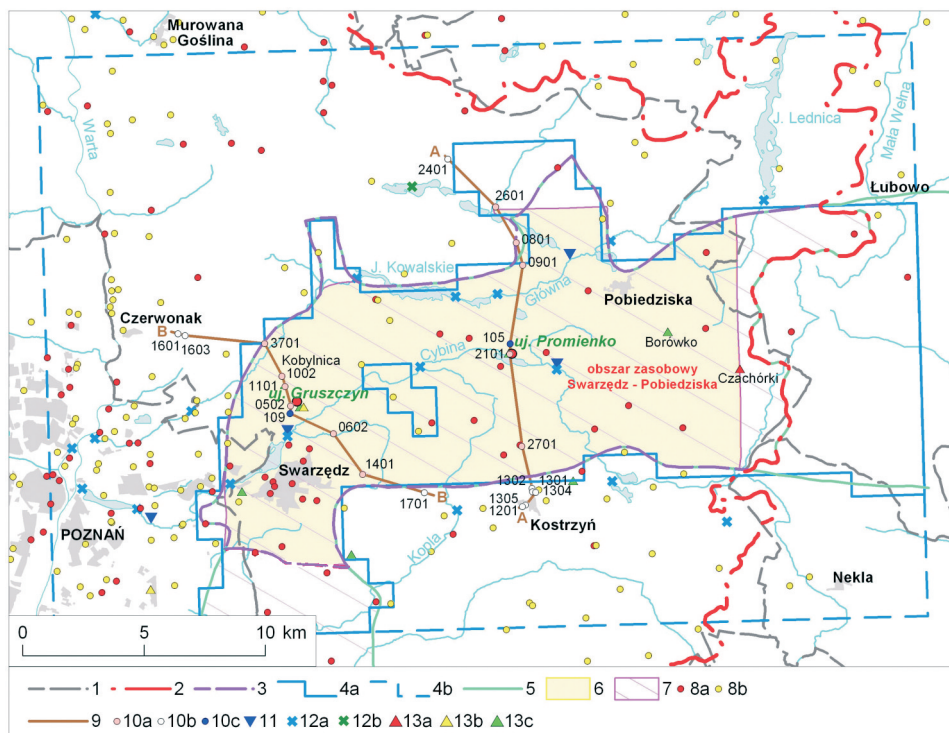


Rys. 6.2.16. Położenie ujęcia Gruszczyń w podsystemie Cybiny Regionu Poznańskiej Zlewni Warty

Objaśnienia: 1 – granice powiatów i miasta Poznania, 2 – granica Regionu Poznańskiej Zlewni Warty, 3 – podsystem Cybiny, 4 – ujęcie Gruszczyń

Lokalizacja i infrastruktura oraz monitoring ujęcia

Ujęcie komunalne w Gruszczyńie położone jest w północno-wschodniej części wsi w odległości około 2 km na północ od miasta Swarzędza (rys. 6.2.16, 6.2.17). Składa się z dziewięciu studni oraz stacji uzdatniania wody i zlokalizowane jest wzdłuż ul. Katarzyńskiej. Po jej północnej stronie znajdują się studnie H2/1, H4/1 i H7 oraz stacja uzdatniania wody, natomiast po stronie południowej studnie H1/1, H3/1, H5/1, H6, H8 i H9. Aktualnie na ujęciu komunalnym w Gruszczyńie czynnych jest dziewięć studni, które eksploatowane są przemiennie. Studnie te ujmują osady wodonośne poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej. Filtry studzienne – siatkowe o długości części roboczej od 11 do 21 m – wykonane są z rur stalowych



Rys. 6.2.17. Mapa dokumentacyjna ujęcia Gruszczyń w podsystemie Cybiny

Objaśnienia: 1 – granice powiatów i miasta Poznania; 2 – granica Regionu Poznańskiej Zlewni Warty; 3 – granica podsystemu Cybiny; 4 – granice badań modelowych: 4a – warstwa II – poziom międyglinowy środkowy (WDK), 4b – warstwa III – poziom mioceniński; 5 – granica GZWP nr 144 – wielkopolska dolina kopalna; 6 – obszar zasobowy Swarzędz–Pobiedziska; 7 – obszary zatwierdzonych zasobów dyspozycyjnych w piętrze czwartorzędowym; 8 – ujęcia wód podziemnych: 8a – piętro czwartorzędowe, 8b – piętro trzeciorzędowe; 9 – linie przekrojów hydrogeologicznych; 10 – otwory hydrogeologiczne na liniach przekrojów: 10a – studnie czwartorzędowe, 10b – studnie trzeciorzędowe, 10c – otwory badawcze; 11 – wodowskazy; 12 – punkty pomiarowo-kontrolne wód podziemnych: 12a – monitoring regionalny, 12b – monitoring jezior; 13 – punkty monitoringu wód podziemnych: 13a – sieć krajowa, 13b – sieć regionalna, 13c – sieć lokalna

perforowanych i obsypane zwirową obsypką odpowiednią do wykształcenia granulometrycznego warstwy wodonośnej. Wydajność eksploatacyjna pojedynczej studni wynosi od 75 m³/h do 125 m³/h.

Ujęcie Gruszczyń ma strefy ochronne ograniczone do terenów bezpośredniej ochrony studni, które stanowią wygrodzone działki wokół każdej studni o wymiarach 20×20 m.

Woda ze studni kierowana jest do SUW Gruszczyń, gdzie podlega uzdatnieniu polegającemu na redukcji związków żelaza i manganu oraz usunięciu siarkowodoru. Po uzdatnieniu woda trafia do zbiorników retencyjnych, a stąd do sieci wodociągowej wschodnich dzielnic miasta Poznania i Swarzędza. Na stacji tej uzdatniona jest jednocześnie woda z sąsiedniego ujęcia Promienko również eksploatowanego z poziomu doliny kopalnej.

Na terenie podsystemu Cybiny prowadzony jest następujący monitoring stanów i jakości wód:

1. Sieć krajowa – Stacja PIG I rzędu Czachurki I/428 obejmująca poziomy: grunto- wy, wielkopolskiej doliny kopalnej, mioceni i oligoceni oraz górnokredowy – obserwacje od 1980 r.
2. Sieć regionalna – punkt Gruszczyn nr 42 (ujęcie Gruszczyn) – obserwacje po- ziomu wielkopolskiej doliny kopalnej od 2001 r.
3. Sieć lokalna – ujęcia Gruszczyn i Promienko oraz wysypiska: Borówko i Swa- rzędz.

Monitoringi te generalnie dają informacje o poborach, stanach i zanieczyszcze- niach wód podziemnych.

Uwarunkowania geomorfologiczno-geologiczne

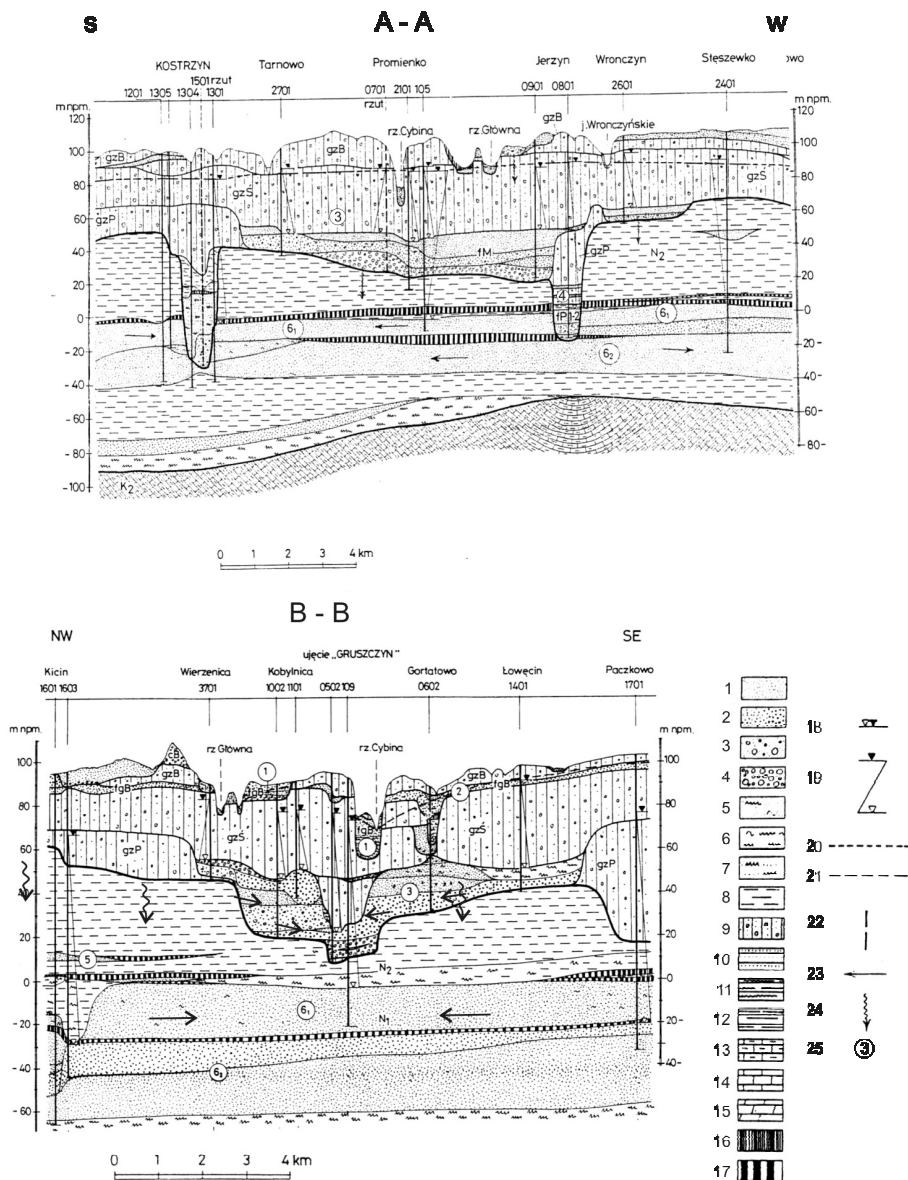
Teren ujęcia położony jest na Wysoczyźnie Gnieźnieńskiej regionu Pojezierza Wiel- kopolskiego w strefie zasięgu zlodowacenia bałtyckiego, w obrębie wzgórz czoło- womorenowych fazy poznańskiej. W strefie bezpośredniej przedpola moren czoło- wych znajdują się dwie wyraźne rynny lodowcowe rzeki Głównej i Cybiny z licznymi jeziorami. Rynny są wcięte średnio 20–30 m w osady sandrowe i moreny dennej przyległych wysoczyzn. Doliny rzek Głównej i Cybiny stanowią bazy drena- żu wód podziemnych piętra czwartorzędowego. Doliny te są rynnami lodowcowy- mi, które odzwierciedlają przebieg wielkopolskiej doliny w podłożu.

Według danych IMGW Oddział w Poznaniu średni roczny opad z lat 1951–1989 w posterunkach opadowych Gruszczyn i Promienko wyniósł odpowiednio 538 mm i 516 mm. Wskaźniki opadowe zlewni podsystemów Cybiny i Głównej z lat 1951–1995 wyniosły 500,5 mm i 529,6 mm (Plenzner i in., 1998).

Analiza przepływów obu rzek w latach 1951–1970 wykazuje, że przepływy średnie rzek są wyrównane. Natomiast zdecydowane różnice występują w okre- sie przepływów niskich minimalnych, kiedy to w zasilaniu rzek główną rolę od- grywa spływ podziemny. Najniższa wielkość zanotowanego przepływu rzeki Cy- biny jest 5,5 razy wyższa niż w rzece Głównej i 2,7 razy wyższa dla wartości średnich niskich przepływów. Ta różnica w przepływach, pomijając podobne wskaźniki jeziorności obu zlewni, jest wynikiem różnego zasilania podziemnego. Rzeka Główna drenuje jedynie poziom wód gruntowych i międzyglinowy górny w granicach zlewni powierzchniowej, natomiast rzeka Cybina drenuje również poziom wgłębny wielkopolskiej doliny kopalnej z obszaru około 480 km², położo- ny w zlewniach Głównej, Wrześnicy, Strugi i Wełny, 2,65 razy przekraczający jej zlewnię powierzchniową.

Podłoże mezozoiczne obszaru tworzą utwory monokliny przedsudeckiej zale- gające na rzędnych 70–100 m n.p.m. obniżające się ku zachodowi. Są to utwory jury górnej wykształcone w postaci wapieni i margli, kredy dolnej – piaski, pia- skowce oraz iły i muły, kredy górnej – margle z podrzędnym udziałem wapieni, opok i gezwów.

Utwory trzeciorzędowe to osady piaszczysto-mulaste oligocenu oraz osady piaszczyste, mułkowo-ilaste i węgle brunatne miocenu, których miąższość zwięk- sza się od 70 m w części wschodniej obszaru do 100 m w części zachodniej.



Rys. 6.2.18. Przekroje hydrogeologiczne

Objaśnienia: 1 – piaski drobnoziarniste, 2 – piaski średnio- i gruboziarniste, 3 – piaski ze żwirem, 4 – żwiry, 5 – piaski pylaste, 6 – muły i mulki, 7 – mulki piaszczyste, 8 – iły, 9 – gliny morenowe, 10 – piaszkowce, 11 – mułowce, 12 – iłowce, 13 – margle, 14 – wapienie, 15 – dolomity, 16 – torfy, 17 – węgle brunatne, 18 – swobodne zwierciadło wód podziemnych, 19 – ustabilizowane, nawiercone zwierciadło wód podziemnych, 20 – zwierciadło poziomu wód gruntowych oraz międzyglinowego górnego, 21 – zwierciadło poziomu wdk, 22 – uskoki, 23 – kierunki przepływu wód podziemnych, 24 – kierunki przesączania wód podziemnych; 25 – poziomy wodonośne: 1 – gruntowy, 2 – międzyglinowy górny, 3 – poziom wielkopolskiej doliny kopalnej, 4 – poziom podglinowy, 5 – poziom w iłach poznańskich, 6₁ – poziom miocenijskiej warstwy górnej, 6₂ – poziom miocenijskiej warstwy środkowej

Utwory czwartorzędowe występują z okresów od zlodowaceń południowopolskich po holocen i mają zmienną miąższość od 40 do 110 m; najczęściej 50–80 m w obrębie wielkopolskiej doliny kopalnej. Są to osady glin morenowych wszystkich zlodowaceń oraz osady piaszczysto-żwirowe wielkopolskiej doliny kopalnej, osady piaszczyste sandrów, osady jeziorne i dolin rzecznych.

Budowę geologiczną w rejonie ujęcia Gruszczyn przedstawiono na rysunku 6.2.18.

Problemy eksploatacyjne i badawcze

Ujęcie Gruszczyn jest ujęciem wód wgłębnych w obrębie struktury pasmowej wielkopolskiej doliny kopalnej stanowiącej GZWP nr 144 Dolina Kopalna Wielkopolska (Dąbrowski, 1990; Kleczkowski, red., 1990). Zbiornik ten jest intensywnie eksploatowany od lat 60. XX w. przez liczne ujęcia komunalne miast Poznania, Swarzędza, Pobiedzisk oraz ujęcia wiejskie i przemysłowe. Eksploatowany poziom ma ograniczoną zasobność wynikającą z izolacji utworami glin morenowych o miąższości powyżej 50 m oraz zasilania z niżej zalegającego poziomu mioceńskiego również eksploatowanego intensywnie przez ujęcia komunalne. Z drugiej strony w układzie krążenia wód poziom ten zasila rzekę Cybinę (stanowiącą główną bazę drenażu poziomu) oraz w części rzekę Główną, a pobór wód ze zlewni narusza istotnie przepływy tych cieków. Stąd podstawowym problemem ustalenia wielkości zasobów wód podziemnych dla ujęcia Gruszczyn była optymalizacja jego eksploatacji w systemie wodonośnym zlewni Cybiny – tu w obszarze zasobowym Swarzędz–Pobiedziska, uwzględniająca ograniczenia wynikające ze współdziałania ujęć z poziomem mioceńskim oraz wodami powierzchniowymi, dla przyjętej wielkości granicznej obniżenia zwierciadła wody (depresji) w rejonie ujęcia i w systemie wodonośnym. Powyższe mogło być zrealizowane na modelach matematycznych wykonanych już dla etapu ustalania zasobów eksploatacyjnych ujęcia w 1976 r. oraz później, podczas budowy drugiego, sąsiedniego ujęcia Promienko dla miasta Poznania w 1980 r. Kolejnym problemem eksploatacyjnym i badawczym było określenie jakości wody i jej zmian w trakcie eksploatacji i ocena wpływu ujęcia na środowisko przy zmieniających się uwarunkowaniach gospodarki wodami podziemnymi.

Historia badań hydrogeologicznych i eksploatacji ujęcia

Potrzeba prowadzenia badań na znacznym obszarze dla lokalizacji ujęcia w Gruszczynie wynikła z zamiaru budowy ujęcia wody dla Poznańskich Zakładów Drobiarskich w Kozięgłowach (Dąbrowski, Żarowski, 1976) o zapotrzebowaniu na wodę $220 \text{ m}^3/\text{h}$, w sytuacji już zatwierdzonych zasobów w kat. B dla szeregu istniejących ujęć. Pierwszą dokumentację dla ujęcia opracowano w K.G. „Zachód” Oddział w Poznaniu w 1976 r. na zlecenie Poznańskich Zakładów Drobiarskich. Ustalone zasoby eksploatacyjne dla rejonu Swarzędz–Pobiedziska o pow. 217 km^2 (rys. 6.2.17) w kat. C wyniosły $Q = 2270 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji rejonowej $s_{\text{rej}} = 10,7 \text{ m}$, w tym w kat. B $Q = 1840 \text{ m}^3/\text{h}$ i $s = 1,5\text{--}10,7 \text{ m}$ dla 16 ujęć, w tym dla ujęcia Gruszczyn $Q = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ i depresji w studniach $s_s = 14,4\text{--}18,4 \text{ m}$.

Zasoby ujęcia Gruszczyn ustalono na podstawie wykonania: 1 otworu poszukiwawczego w utworach czwartorzędowo-mioceńskich z zabudową dwóch piezome-

trów oraz 3 otworów rozpoznawczych w poziomie doliny kopalnej z wykonaniem 3 pompowań hydrowęzłowych o wydatkach 127,5–195,0 m³/h, inwentaryzacji ujęć i poborów wód w rejonie, oceny zasilania metodami odpływu w zlewniach Cybiny i Głównej oraz badań modelowych. Zasoby zatwierdzono decyzją prezesa CUG z 9 kwietnia 1977 r. nr KDH/013/4223/14/77. Po przejęciu inwestycji przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Poznaniu w 1980 r. opracowano do ww. dokumentacji hydrogeologicznej aneks na podstawie przeprowadzonych prac terenowych w 1979 r., w którym dla tego rejonu ustalono zasoby eksploatacyjne w kat. B w ilości 2340 m³/h dla 21 ujęć, przy depresji rejonowej 2,2–19,7 m, obejmujące zasoby eksploatacyjne ustalone w 1977 r. i zasoby dla nowego ujęcia Promienko, wykonanego na wschód od ujęcia Gruszczyn w ilości 500 m³/h. Aneks opracowano w K.G. „Zachód” Oddział w Poznaniu (Dąbrowski i in., 1980). Zasoby w tej ilości zostały zatwierdzone decyzją prezesa CUG z dnia 13 grudnia 1980 r. nr KDH/013/4632/M/80. Podstawę udokumentowania stanowiły prace wiertnicze, próbne pompowania i rozpoznanie regionalne ujęć oraz symulacje optymalizujące eksploatację na modelu matematycznym, obejmującym poziom doliny kopalnej oraz poziom mioceński.

Ponownie zasoby eksploatacyjne dla ujęcia Gruszczyn i rejonu zostały przeanalizowane w 1984 r. w ramach regionalnego opracowania dokumentacji hydrogeologicznej zasobów zwykłych wód podziemnych, systemu wodonośnego wielkopolskiej doliny kopalnej (Dąbrowski, Zboralska, 1984). Uznano wówczas, że zasoby ujęcia Gruszczyn i sąsiedniego Promienko można utrzymać w dotychczasowej ilości.

W dokumentacji zasobów dyspozycyjnych Regionu Poznańskiego Dorzecza Warty z 1999 r. dla podsystemu zlewni Cybiny wielkopolskiej doliny kopalnej obejmującej jej odcinek podobny do rejonu zasobowego Swarzędz–Pobiedziska ustalono zasoby dyspozycyjne w wielkości 1600 m³/h (Dąbrowski i in., 1999). Stąd zaistniała konieczność weryfikacji ustalonych zasobów eksploatacyjnych ujęć w tym rejonie.

W 2005 r. na zlecenie Aquanet sp. z o.o. w Poznaniu firma Hydroconsult sp. z o.o. opracowała, na podstawie nowych ustaleń eksploatacyjnych w rejonie analizy eksploatacji i badań modelowych – dokumentację hydrogeologiczną określającą zasoby eksploatacyjne z utworów czwartorzędowych dla komunalnych ujęć miasta Poznania Gruszczyn i Promienko, w której dla opisywanego ujęcia ustalono zasoby w ilości $Q = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji rejonowej $s_r = 8,9 \text{ m}$ i w studniach $s_s = 14,0\text{--}16,6 \text{ m}$ (Dąbrowski i in., 2005). Dokumentacja ta została przyjęta postanowieniem wojewody wielkopolskiego z dnia 30 czerwca 2005 r. nr SR.IV-3-7441-15/05.

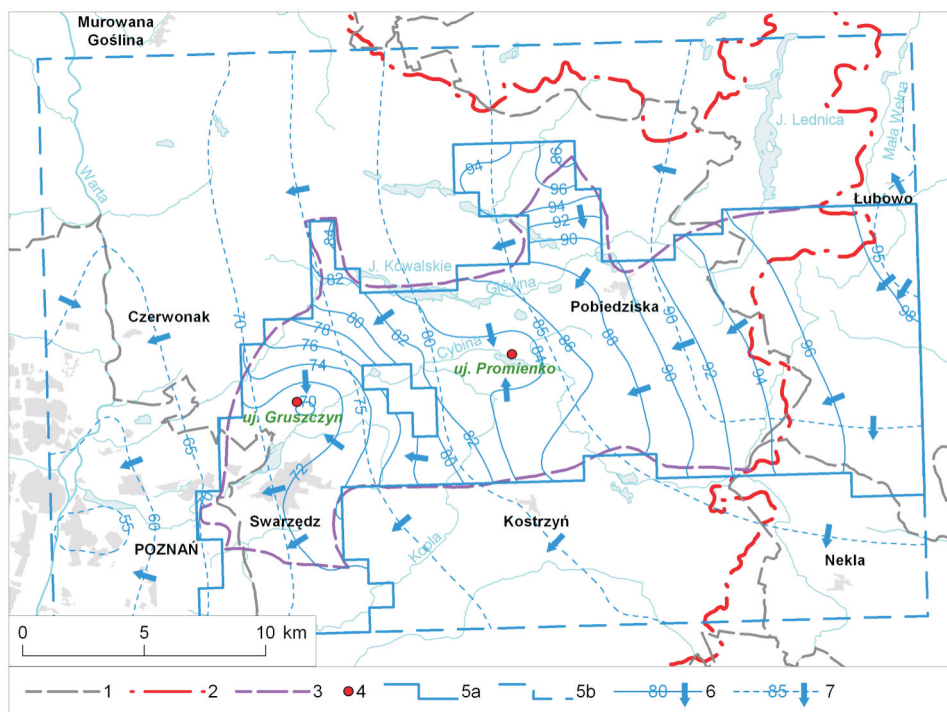
Warunki hydrogeologiczne

W rejonie ujęcia Gruszczyn wody słodkie podlegające krążeniu występują do głębokości 250–300 m. Z budowy geologicznej wynika, że wody te występują w osadach czwartorzędowych, trzeciorzędowych oraz stropowych partiach mezozoiku – kredy górnej. W obrębie utworów czwartorzędu znajdują się 3 główne poziomy wodonośne: gruntowy, międzyglinowy górny, międzyglinowy dolny wielkopolskiej doliny kopalnej i lokalnie podglinowy. W utworach trzeciorzędowych występują poziomy wodonośne mioceński i oligoceński, które w układzie krążenia wód łączą się z wodami w utworach górnokredowych.

Ujęcie Gruszczyn ujmuje poziom wielkopolskiej doliny kopalnej (WDK), który jest podstawowym poziomem wodonośnym obszaru i związany jest z osadami doliny kopalnej z interglacjału mazowieckiego. Charakteryzuje się on w dużej części ciśnieniem subartezyjskim, lokalnie w dolinie Cybiny i fragmentach Głównej ciśnieniem artezyjskim. Poziom ten występuje na głębokości od 25 m do około 70 m, pod nakładem glin morenowych i mułków.

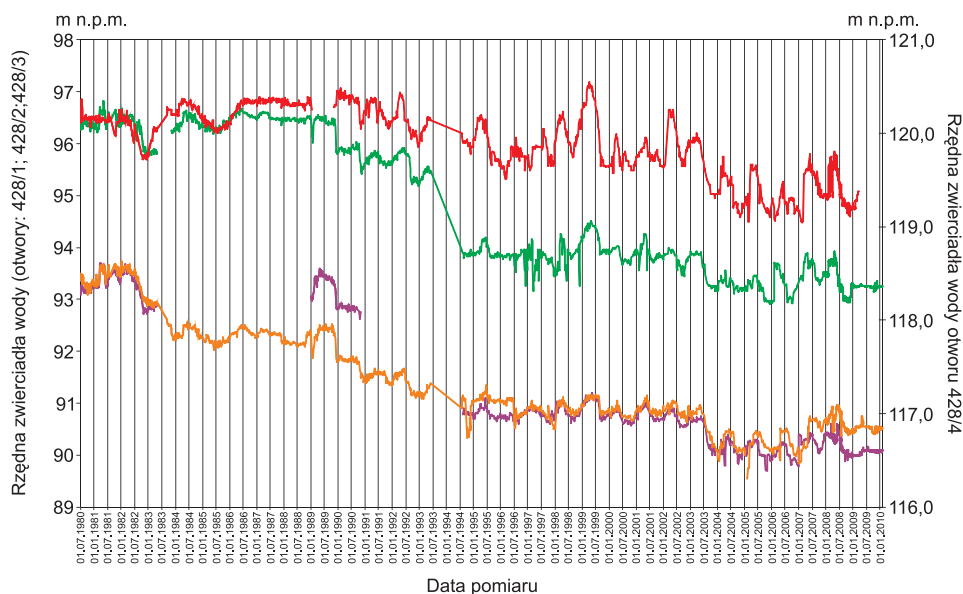
Utworami wodonośnymi tego poziomu są piaski średnioziarniste, gruboziarniste i drobnoziarniste, lokalnie mułkowate, piaski ze żwirem oraz żwiry. Ich miąższość najczęściej wynosi 20–25 m.

Współczynnik filtracji waha się w przedziale od $8,0 \times 10^{-5}$ m/s w przypadku piasków drobnoziarnistych pylistych do $6,4 \times 10^{-4}$ m/s w przypadku żwirów i $3,0 \times 10^{-4}$ m/s w przypadku piasków ze żwirem. Przewodność poziomu WDK waha się od 2 do 67 m²/h, najczęściej 30 m²/h, zaś parametr zasobności sprężystej poziomu w rejonie zdepresjonowanym Gruszczyna wynosi średnio 0,001.



Rys. 6.2.19. Mapa hydroizohips poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej (WDK) i poziomu mioceńskiego (stan na 2004 r.) – wg odwzorowania modelowego

Objaśnienia: 1 – granice powiatów i miasta Poznania; 2 – granica Regionu Poznańskiej Zlewni Warty; 3 – granica podsystemu Cybiny; 4 – ujęcia Gruszczyn i Promienko; 5 – granice badań modelowych: 5a – warstwa II – poziom międzyglinowy środkowy (WDK), 5b – warstwa III – poziom mioceński; 6 – hydroizohipsy poziomu WDK wraz z kierunkami spływu wód; 7 – hydroizohipsy poziomu mioceńskiego wraz z kierunkami spływu wód



— 428/1 (Tr – 113–169,5 m) — 428/2 (Cr3 – 173–210 m) — 428/3 (Q – 73–95,5 m) — 428/4 (Q – 0,8–8,5 m)

Rys. 6.2.20. Wykresy stanów wód podziemnych na stacji Czachurki PIG I/428 z lat 1980–2010

Wydatek jednostkowy studni jest zależny od parametru przewodności. Na ujęciach Gruszczyn i Promienko wydatek ten jest zmienny i wynosi od 10 do 25 m³/h/m.

Poziom wielkopolskiej doliny kopalnej zasilany jest na drodze przesączania się wód z poziomu gruntowego, bezpośredniej infiltracji opadów przez nadkład glin morenowych oraz przez dopływy boczne. Zasilanie to według badań modelowych wynosi 6,9 m³/h km² (stan na 2004 r.).

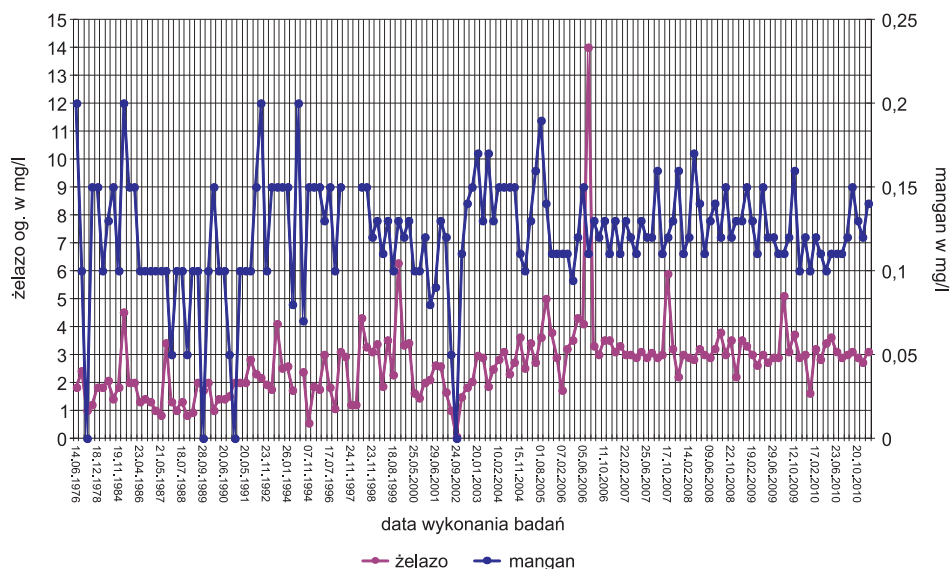
Obraz pola hydrodynamicznego obszaru jest obecnie bardzo zmieniony w wyniku intensywnej eksploatacji (rys. 6.2.19). W rejonie ujęcia Gruszczyn największe obniżenie zwierciadła wody 9–10 m i rzędu około 7 m w piezometrze na skraju ujęcia P1 obserwowano w latach 1989–1993, a w rejonie Promienka około 9 m przy największych poborach wód w podsystemie. W obszarze zasilania poziom ten od 1980 r. obniżył się o 2,5 m, co rejestruje stacja Czachurki (rys. 6.2.20). Na obniżenie się wód tego poziomu ma wpływ również eksploatacja poziomu miocénskiego. W układzie naturalnym poziom wodonośny drenowany był przez rzeki Cybinę i Główną, aktualnie drenowany jest w dużej mierze przez ujęcia.

Jakość wód podziemnych poziomów użytkowych

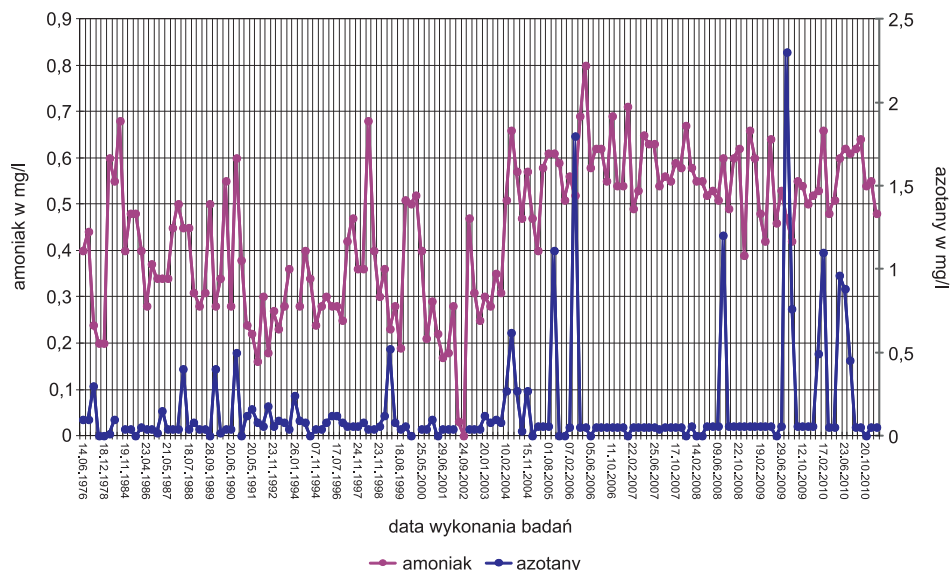
Poziom wielkopolskiej doliny kopalnej

Według badań fizyczno-chemicznych wód tego poziomu z okresu budowy ujęć i monitoringu są to wody typu wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego o mineralizacji (jako sucha pozostałość) 270–520 mg/l, o odczynie lekko zasado-

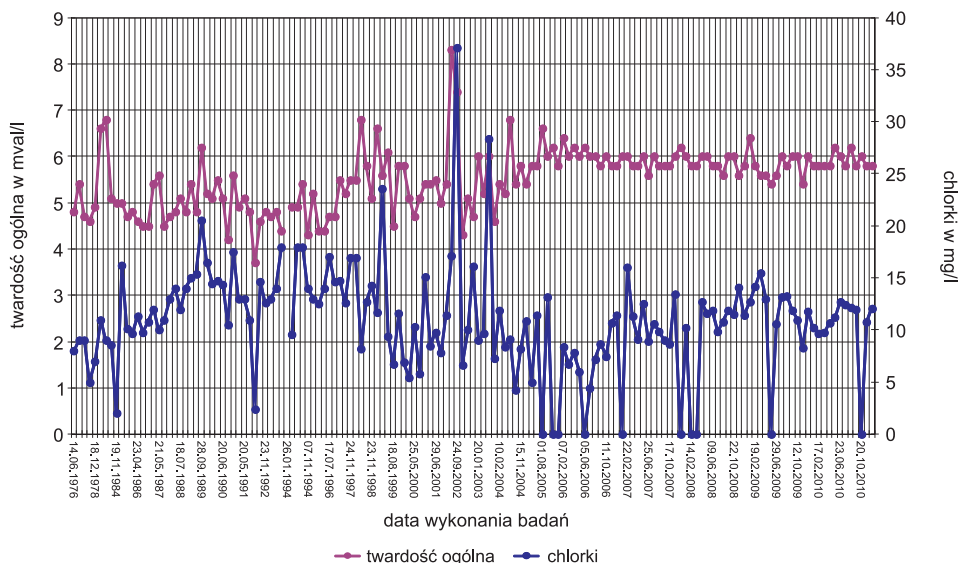
wym pH 7,2–7,6, zapachu naturalnym lub nieznacznie siarkowodorowym, średnio twarde. W trakcie eksploatacji obserwuje się w nich zwiększające się zawartości związków żelaza w ilościach od 1,0 do 3,4 mg Fe/l i manganu 0,1–0,17 mg Mn/l, które przekraczają wielkości normatywne dla wód do spożycia. Azotany i azotyny



Rys. 6.2.21. Wykresy zawartości żelaza i manganu w wodzie surowej z ujęcia w Gruszczynie w latach 1976–2010



Rys. 6.2.22. Wykresy zawartości amoniaku i azotanów w wodzie surowej z ujęcia w Gruszczynie w latach 1976–2010



Rys. 6.2.23. Wykresy twardości ogólnej i chlorków w wodzie surowej z ujęcia w Gruszczynie w latach 1976–2010

występują w ilościach śladowych, natomiast zawartość jonu amonowego waha się od 0,2 do 0,4 mg N/l na ujęciu Gruszczyn (rejon zachodni podsystemu) i rośnie ku wschodowi do 0,5–1,2 mg NH_4 /l (ujęcie Promienko). Pochodzi on z rozkładu materii organicznej rozproszonej w osadach interglacialnych wodonośca. Chlorki występują w ilościach niewielkich rzędu 4–9 mg Cl/l i wzrastają z czasem eksploatacji (ujęcie Gruszczyn) do poziomu 18–25 mg Cl/l. Podobną tendencję zauważa się dla siarczanów, które występują w ilościach 1–15 mg SO_4 i obserwuje się ich wzrost do 25–35 mg SO_4 /l. Pozostałe główne parametry jakościowe wykazują znaczną stabilność mimo zmian okresowych (rys. 6.2.21–6.2.23).

Wody te cechuje niska zawartość metali ciężkich. Mimo istnienia licznych ognisk zanieczyszczeń oraz zagrożenia z ich strony w poziomie wód gruntowych, nie obserwuje się generalnie zmian jakości tego poziomu wywołanego antropopresją; wody nadal wykazują naturalny skład fizyczno-chemiczny. Natomiast w rejonie Swarzędza stwierdza się postępującą mineralizację wód, którą można wiązać z przesączaniem się zanieczyszczonych wód z poziomu gruntowego, w tym ze wpływem wód z terenów zurbanizowanych.

Poziom mioceniński

Są to wody typu $\text{HCO}_3 - \text{Ca} - \text{Mg} - \text{Na}$, o mineralizacji nieco większej (0,4–0,6 g/l) niż wody wielkopolskiej doliny kopalnej, lecz genetycznie zbliżone, średnio twarde o odczynie lekko zasadowym, podwyższonej utlenialności 3,8–5,8 mg O_2 /l.

Cechuje je również zwiększona zawartość jonu amonowego 0,1–1,0 mg NH_4 /l, przy niskiej zawartości azotanów i azotynów. Zawartość chlorków wynosi zwykle 7–20 mg Cl/l (rzadko więcej), a siarczanów w wielkościach do 30 mg SO_4 /l. Zawierają one stosunkowo mniej żelaza i manganu niż wyżej występujący poziom WDK; żelaza zwykle 0,1–2,2 mgFe/l, zaś manganu 0,05–0,15 mg Mn/l.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobowych

Z uwagi na to, że ujęcie wody Gruszczyn jest jednym z elementów drenażu (poboru) wód w podsystemie wodonośnym zlewni Cybiny, określenie jego zasobów eksploatacyjnych od początku ich ustalania było możliwe przy uwzględnieniu krążenia wód we wszystkich poziomach w całym jego obszarze i wynika z warunków naturalnych oraz istniejącej i zamierzonej eksploatacji wód. W podsystemie tym o powierzchni 220 km² wszystkie wydzielone poziomy wodonośne znajdują się w więzi hydraulicznej poprzez przesączanie przez warstwy słabo przepuszczalne i tworzą wielowarstwowy system wodonośny powiązany z wodami powierzchniowymi zlewni Cybiny i Główniej. Podstawową metodą oceny zasobów eksploatacyjnych ujęcia od 1976 r. była więc metoda modelowania matematycznego.

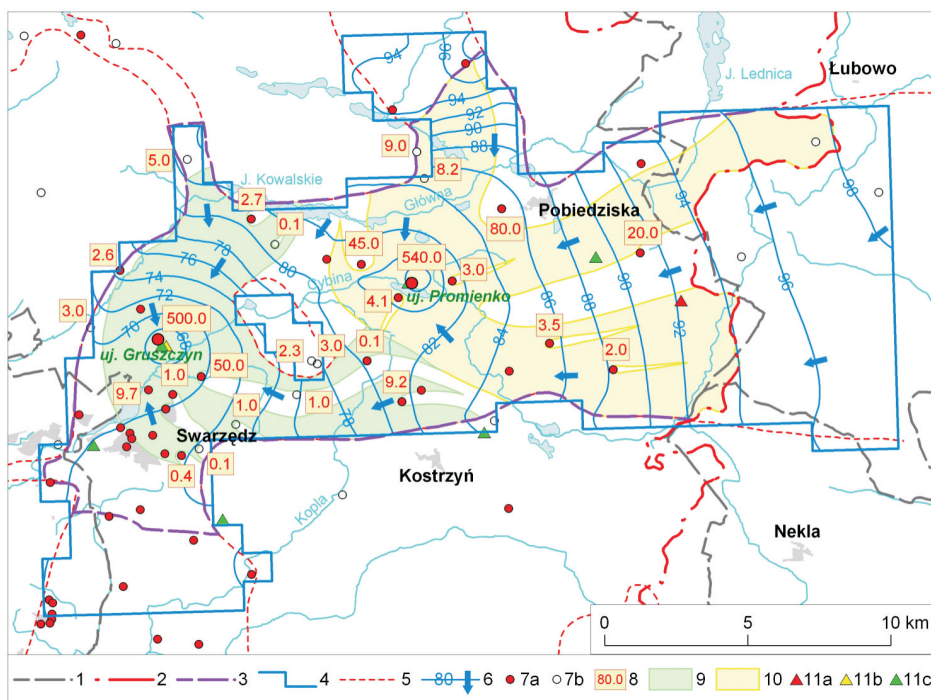
Dla potrzeb ostatniej oceny zasobów eksploatacyjnych ujęć Gruszczyn i Promienko w 2004 r. w tym podsystemie zbudowano model matematyczny dla obszaru filtracji 864 km² obejmujący 3 warstwy (poziomy) dla stanu hydrodynamicznego z 2004 r. (rys. 6.2.19). Na modelu tym odtworzono stan hydrodynamiczny poziomów gruntowego i międzyglinowego górnego (poziomy nie wykorzystane do zaopatrzenia grupowego w wodę), poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej i poziomowi mioceńskiego jako głównych poziomów użytkowych (rys. 6.2.18, 6.2.19). Z analizy map hydroizohips (rys. 6.2.19) oraz rezultatów obserwacji stanów wód w podsystemie na stacji Czachurki PIG nr I/428 (rys. 6.2.20) wynika, że układ krążenia wód nie ma charakteru naturalnego, lecz jest na całym obszarze zmieniony pod wpływem eksploatacji ujęć, która w 2004 r. wyniosła 767,9 m³/h, w tym 315,0 m³/h z ujęcia Gruszczyn i 294,5 m³/h z ujęcia Promienko. W efekcie tego poboru wód w rejonie ujęcia Gruszczyn zwierciadło wody obniżyło się w latach 1989–1999 7–10 m względem stanu z 1976 r., zaś w rejonie stacji PIG Czachurki o 2,5 m. Rejony obu ujęć stały się głównymi bazami drenażu wód w podsystemie.

Tabela 6.2.12. Bilans krążenia wód podziemnych w obszarze podsystemu zlewni Cybiny o powierzchni 220 km² dla poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej wg badań modelowych

Składnik bilansu	Stan z 2004 r. [m ³ /h]	Prognoza zasobów eksploatacyjnych [m ³ /h]
Przychody:		
1. Infiltracja opadów	1170,0	1170,0
2. Przesączanie z poziomów nadległych czwartorzędu	347,0	517,0
3. Przesączanie z poziomu mioceńskiego	71,0	86,2
4. Dopływy boczne	173,0	254,0
Razem	1761,0	2027,2
Rozchody:		
1. Eksploatacja ujęć	762,0	1292,0
2. Przesączanie do poziomów nadległych czwartorzędu	426,0	234,0
3. Przesączanie do poziomu mioceńskiego	567,0	488,0
4. Odpływy boczne	6,0	13,0
Razem	1761,0	2027,0

Bilans krążenia wód w poziomie eksploatowanym wielkopolskiej doliny kopalnej przedstawiono w tabeli 6.2.12. Z zestawienia wynika, że głównym źródłem zasilania poziomu jest infiltracja opadów przez nadkład warstw glin morenowych w ilości $1170 \text{ m}^3/\text{h}$ i przesączanie z nadległych warstw czwartorzędowych – $347 \text{ m}^3/\text{h}$, przy niewielkim zasilaniu z niżej zalegającego poziomu mioceńskiego $71,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Moduł zasilania poziomu WDK wynosi $6,9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2$.

Model opisanego stanu stał się podstawą symulacji modelowej dla prognozy zasobów eksploatacyjnych w podsystemie według inwentaryzacji potrzeb, które wyniosły: w podsystemie Cybiny $1306 \text{ m}^3/\text{h}$, z czego $500 \text{ m}^3/\text{h}$ dla ujęcia Gruszczyn i $540 \text{ m}^3/\text{h}$ dla ujęcia Promienko. Bilans krążenia wód dla tego wariantu zasobowego w podsystemie podano w tabeli 6.2.12. Z zestawienia wynika, że głównym źródłem zasilania będą wody z infiltracji opadów i przesączania się wód z poziomów nadległych w ilości $1686 \text{ m}^3/\text{h}$. Względem stanów z 2004 r. nastąpi obniżenie zwierciadła wody od 3,3 do 5,7 m, natomiast układ krążenia wód zachowuje podobny charakter (rys. 6.2.24).



Rys. 6.2.24. Mapa zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych ujęcia komunalnego m. Poznania Gruszczyn

Objaśnienia: 1 – granice powiatów i miasta Poznania; 2 – granica Regionu Poznańskiej Zlewni Warty; 3 – granica podsystemu Cybiny; 4 – granice badań modelowych poziomu międzyglinowego środkowego (WDK); 5 – granica występowania poziomu międzyglinowego środkowego; 6 – hydroizohipsy poziomu WDK wraz z kierunkami spływu wód; 7 – ujęcia wód podziemnych: 7a – poziom WDK, 7b – inne ujęcia czwartorzędowe; 8 – wielkość zasobów ujęcia [m^3/h]; 9 – obszar zasobowy ujęcia Gruszczyn; 10 – obszar zasobowy ujęcia Promienko; 11 – punkty monitoringu wód podziemnych: 11a – sieć krajowa, 11b – sieć regionalna, 11c – sieć lokalna

Z podanego bilansu dla podsystemu wynika również wielkość poszczególnych źródeł zasilania dla ujęcia Gruszczyń. Przy wielkości jego zasobów $500 \text{ m}^3/\text{h}$ i obszarze zasilania $51,6 \text{ km}^2$ (23,5% wielkości podsystemu), zasilanie z infiltracji opadów wyniesie $274 \text{ m}^3/\text{h}$, a przesączanie z poziomów nadległych $119 \text{ m}^3/\text{h}$, łącznie $393 \text{ m}^3/\text{h}$, co stanowi 79% tych zasobów.

Obszar zasilania ujęcia wyznaczono na podstawie prognostycznej mapy hydroizohips uzyskanej z rozwiązania modelowego przy eksploatacji ujęcia z wydatkiem $500 \text{ m}^3/\text{h}$ i innych ujęć. Cały obszar zasilania o powierzchni $51,6 \text{ km}^2$ uznano za jego obszar zasobowy (rys. 6.2.24).

W wyniku przeprowadzonej prognozy stwierdzono, że na wysokości ujęcia Gruszczyń wystąpiła zmiana charakteru odcinka rzeki Cybiny (ok. 1 km) z drenującego na zasilający (dopływ w ilości ok. $58 \text{ m}^3/\text{h}$), natomiast na rzece Głównej i części jeziora Kowalskiego w jej ciągu, w których stwierdzono charakter zasilający już w symulacji stanu z 2004 r., zasilanie wzrosło. Wielkość zasilania infiltracyjnego z rzeki Głównej wynosi około $60 \text{ m}^3/\text{h}$, zaś z Jeziora Kowalskiego $29 \text{ m}^3/\text{h}$; łącznie około $90 \text{ m}^3/\text{h}$ i realizuje się z odcinka około 6 km biegu rzeki i jeziora.

Mimo lokalnego zasilania infiltracyjnego z rzek do poziomu gruntowego, generalnie w obszarze podsystemu Cybina wraz z jeziorami zachowują charakter drenujący, o czym świadczą uzyskane wielkości drenaży: jezior Swarzędzkiego i Góra $67,7 \text{ m}^3/\text{h}$, tj. $0,018 \text{ m}^3/\text{s}$, rzeki Cybiny $270,8 \text{ m}^3/\text{h}$, tj. $0,075 \text{ m}^3/\text{s}$. Rzeką Główną wykazuje niewielki drenaż poziomu w wielkości $11,8 \text{ m}^3/\text{h}$, tj. $0,003 \text{ m}^3/\text{s}$, gdyż płynie ona po północnej krawędzi WDK i granicy modelowanego poziomu gruntowego. Przy tej eksploatacji zachowane będą określone przepływy nienaruszalne: Cybiny w wielkości $0,067 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz Głównej w wielkości $0,068 \text{ m}^3/\text{s}$ (Dąbrowski i in., 1999).

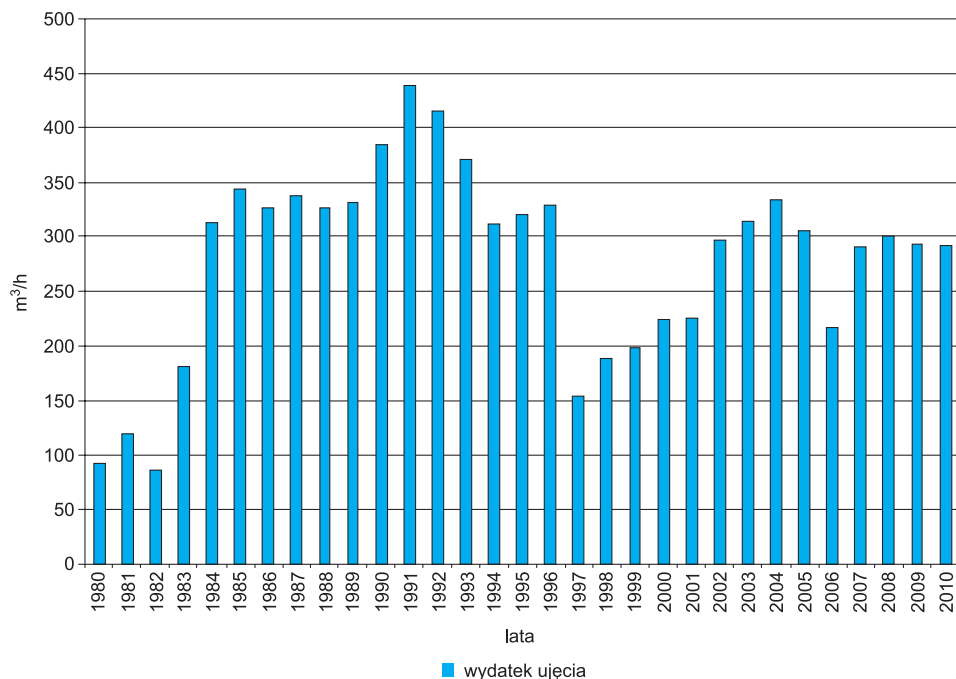
Pobór wody z ujęcia, jej zmiany jakościowe w trakcie eksploatacji i prognozowane

Przebieg eksploatacji ujęcia w latach 1980–2004 przedstawiono na rysunku 6.2.25. Najwyższe pobory we wcześniejszej eksploatacji notowano w latach 1984–1996. Wynosiły one do $3\,797\,052 \text{ m}^3$ (w roku 1991), w przeliczeniu kształtowały się odpowiednio od $313 \text{ m}^3/\text{h}$ w 1984 r. do $439 \text{ m}^3/\text{h}$ w 1991 r. Do 1997 r. zaznaczała się tendencja spadku i odtąd ponownie wzrostu eksploatacji ujęcia do 2004 r., kiedy pobór wody wyniósł $334 \text{ m}^3/\text{h}$. Od tego roku odnotowano niewielki spadek wydatku do około $290 \text{ m}^3/\text{h}$, a obecnie ujęcie wykazuje stabilność.

Pozwolenie wodnoprawne na pobór wód podziemnych w ilości $500 \text{ m}^3/\text{h}$ dla ujęcia wydał Urząd Wojewódzki w Poznaniu, Wydział Ochrony Środowiska dec. nr O.S.IV-7211/60-4/84 z dnia 24 marca 1984 r. z terminem ważności do 31 grudnia 2020 r.

Ujęcie ma ustanowioną strefę ochronną, decyzją starosty poznańskiego, obejmującą tereny ochrony bezpośredniej, które stanowią ogrodzone działki wokół każdej studni, dec. nr OS.XII-6223-16-13/2000 z 6 grudnia 2000 r. i nr OS.X-6227-1/2003 z 17 lipca 2003 r.

Badania jakości wód podziemnych poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej i na ujęciach Gruszczyń i Promienko w podsystemie Cybiny wykazują, że są to wody



Rys. 6.2.25. Wydatek ujęcia Gruszczyn w latach 1980–2010

typu wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego o mineralizacji (jako sucha pozostałość) 270–520 mg/l, przydatne do spożycia po prostym uzdatnianiu polegającym na redukcji związków żelaza i manganu oraz siarkowodoru, które przekraczają obowiązującą normę.

Z przedstawionej charakterystyki jakości wód podziemnych podsystemu Cybiny wynika, że wody poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej zachowują nadal naturalny skład z nieznacznymi zmianami w zakresie wzrostu chlorków i siarczanów (lecz nie przekraczają wielkości tła dla tych elementów, tj. 30 mg Cl/l i 40 mg SO₄/l), przy niewielkim wzroście ich mineralizacji i generalnej stałości innych parametrów fizyczno-chemicznych. Powyższe jest obserwowane szczegółowo na dwóch dużych ujęciach wody: Gruszczyn i Promienko w okresie eksploatacji od drugiej połowy lat 70. XX w. Obserwacje te mają dużą wiarygodność ze względu na czas obserwacji i wielkość poboru wód. Są one podstawą wnioskowania co do zmian jakości wody tych ujęć w przyszłości. Badania jakości wód tego poziomu w innych ujęciach są sporadyczne i trudno z nich wnioskować o tendencjach zmian w perspektywie czasu.

Przyczynę wzrostu zawartości w wodzie chlorków i siarczanów oraz związanej z tym mineralizacji można upatrywać z jednej strony w uaktywnieniu procesów hydrogeochemicznych w obrębie eksploatowanego poziomu, z drugiej zaś w dopływie wód z nadległych poziomów z piętra czwartorzędowego, głównie poziomu gruntowego, wykazujących zwiększone ilości tych związków, oraz w wodach opadowych infiltrujących przez miększy nadkład glin morenowych. Z uwagi na korzystną jakość wód poziomu mioceńskiego zasilanie poziomu WDK tymi wodami

Tabela 6.2.13. Prognoza zmian wybranych parametrów fizyczno-chemicznych wód ujęcia Gruszczyn (Dąbrowski i in., 2005)

	Wartości dopuszczalne	Ujęcie Gruszczyn	
		obserwacje w latach 2003–2004	Prognoza do 25–30 lat
Barwa	15	10–50	10–50
Odczyn	6,5–9,5	7,1–8,0	7,1–8,0
Twardość og. [mval/l]	1,2–10	3,9–6,2	4,0–7,0
Żelazo [mg/l]	0,2	1,0–2,3	1,0–2,5
Mangan [mg/l]	0,05	0–0,15	0,1–0,2
Chlorki [mg/l]	250	5,0–24,0	10,0–30,0
Siarczany [mg/l]	250	13,0–38,0	15,0–50,0
Amoniak [mg/l]	0,5 (1,5*)	0,2–0,4	0,3–0,5
Azotany [mg N-NO ₃ /l]	50	0–2,2	0,4–4,0
Utlenialność [mg/l]		2,0–3,3	3,0–4,0
Sucha pozostałość [mg/l]		270–370	300–500

przez przesączanie nie będzie miało wpływu na zmiany jego jakości. W perspektywie 20–30 lat, przy prognozowanej eksploatacji poziomu wielkopolskiej doliny kopalnej, jakość wód ujęć komunalnych m. Poznania Gruszczyn i Promienko powinna mieć skład fizyczno-chemiczny zbliżony do obecnie obserwowanego na ujęciach. Z uwagi na nierozpoznany wpływ starego wysypiska w Swarzędzu, rozległego i eksploatowanego bez uszczelnienia dna, można spodziewać się zmian jakości wód ujęcia Gruszczyn, głównie w zakresie wzrostu zawartości chlorków i siarczanów, tj. jonów względnie szybko migrujących i nie ulegających przemianom hydrochemicznym jak w przypadku chlorków. Większego wpływu na zmianę parametrów poziomu WDK nie powinny mieć przesączające się wody powierzchniowe, z uwagi na istniejącą izolację poziomu utworami słabo przepuszczalnymi oraz stosunkowo dobre parametry fizyczno-chemiczne tych wód.

Względem norm dla wód do spożycia wody te będą przekraczały je w zakresie zawartości związków żelaza i manganu, które występują w zwiększonych ilościach, lecz bez określonej tendencji zmian. Stąd będą one wymagały prostego uzdatniania w postaci redukcji związków żelaza i manganu oraz lokalnego i okresowego usuwania siarkowodoru.

W tabeli 6.2.13 przedstawiono prognozowane wielkości parametrów jakościowych dla ujęcia Gruszczyn o zasobach 500 m³/h, stanowiących 31% zasobów dyspozycyjnych podsystemu Cybiny.

Porównanie prognoz zasobowych z wynikami eksploatacji w zakresie ilościowym i jakościowym

Ujęcie Gruszczyn m. Poznania od momentu powstania w 1976 r. miało wykonane 3 prognozy modelowe związane z ustaleniem zasobów eksploatacyjnych w ramach rejonu zasobowego Swarzędz–Pobiedziska F = 217 km² lub podsystemu zlewni Cybiny F=220 km². Trzy prognozy dotyczyły stricte decyzji zasobowych:

- w 1976 r. – dla pierwszego udokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia w kat. B przy $Q = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ i $s_r = 10,7 \text{ m}$ i łącznej eksploatacji w rejonie $Q = 1860 \text{ m}^3/\text{h}$,
- w 1980 r. przy zasobach rejonu w kat. B $Q = 2340 \text{ m}^3/\text{h}$ i $s_r = 2,2\text{--}19,7 \text{ m}$, w tym $500 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s_r = 19,7 \text{ m}$ dla sąsiedniego ujęcia Promienko dla m. Poznania i dla ujęcia Gruszczyn – $500 \text{ m}^3/\text{h}$,
- 2005 r. przy zasobach podsystemu Cybiny $Q = 1306 \text{ m}^3/\text{h}$, w tym: ujęcie Gruszczyn $Q = 500 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s_r = 8,9 \text{ m}$ i ujęcie Promienko $Q = 540 \text{ m}^3/\text{h}$ i $s_r = 13,1 \text{ m}$.

Ponadto wielkości zasobów eksploatacyjnych obu ujęć m. Poznania potwierdzone zostały w dokumentacji hydrogeologicznej regionalnej dla wielkopolskiej doliny kopalnej w 1984 r. oraz w dokumentacji zasobów dyspozycyjnych dla Regionu Poznańskiego Dorzecza Warty. Na początku lat 90. XX w. największa eksploatacja wód podziemnych w podsystemie i na ujęciu Gruszczyn nie osiągnęła w analizowanym okresie wielkości prognozowanych zasobów eksploatacyjnych. Najwyższą wydajność ujęcie Gruszczyn miało w 1991 r. $Q = 439 \text{ m}^3/\text{h}$, przy wydatku sąsiedniego ujęcia Promienko $Q = 161 \text{ m}^3/\text{h}$, łącznie wydatek ujęć komunalnych wyniósł więc $Q = 600 \text{ m}^3/\text{h}$. Wówczas w rejonie ujęcia Gruszczyn wystąpiło największe obniżenie rejonowe zwierciadła wody 9–10 m, i to w okresie najniższych stanów wód podziemnych w analizowanym wieloleciu. Porównanie tych wielkości z prognozami zasobowymi z lat 1976–1980 wykazuje ich dużą zgodność dla ujęcia Gruszczyn.

Prognoza jakości wód. W prognozach zasobowych z lat 1976–1980 wykazywano stałość parametrów fizyczno-chemicznych ujmowanego poziomu, tak samo jak w rejonie ujęć komunalnych miasta Poznania. Obserwowano jedynie niewielki wzrost zawartości związków żelaza w eksploatowanych studniach. Po analizie warunków krążenia i zasilania, które nie ulegną zasadniczym zmianom, prognozowano względną stałość składu fizyczno-chemicznego wód przy możliwym wzroście związków żelaza do 3–5 mg/l. Ocena jakości wód w 2005 r. na ujęciu Gruszczyn generalnie potwierdziła ustalenia wcześniejszych prognoz. W okresie tym zaobserwowano niewielkie wzrosty zawartości w wodzie ujęcia chlorków i siarczanów, wynikające z przemian geochemicznych w warstwie wodonośnej. Przyjęto, że wody te będą przekraczały normę dla wód pitnych w zakresie zawartości związków żelaza i manganu występujących w zwiększonych ilościach, lecz bez określonej tendencji. Ich zawartość w wodzie w latach 2003 i 2004 oraz prognozowana w tym czasie była nieco mniejsza niż w prognozach wcześniejszych. Generalnie należy przyjąć, że prognozy jakościowe dla tych wód były trafne.

Krytyczna ocena zastosowanych metod obliczeniowych i zasobowych

Po analizie warunków hydrogeologicznych rejonu i skutków poboru wód na ujęciu i w systemie wodonośnym należy stwierdzić, że niezwykle trafne okazało się zastosowanie do pierwszej oceny zasobowej ujęcia Gruszczyn metody modelowania matematycznego. Objęto nim system wodonośny w granicach zlewni Cybiny (rejon Swarzędz–Pobiedziska) w obrębie poziomu wodonośnego wielkopolskiej doliny kopalnej i związane z nim w układzie krążenia wody podziemne. Potwierdziły to dalsze prognostyczne obliczenia modelowe dla tego ujęcia i rejonu.

Określenie warunków hydrogeologicznych wierceniami i pompowaniami w warunkach filtracji nieustalanej oraz na modelu krążenia wody i wielkości zasilania ujęcia stało się podstawą do wykonania trafnych prognoz ilości zasobów i jakości wód na ujęciu.

Literatura

- Dąbrowski S., Żarowski A., 1976. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęć wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w kat. B i C w rejonie Swarzędz–Pobiedziska i ujęcia Gruszczyn woj. poznańskie. K.G. „Zachód” Oddział w Poznaniu. Archiwum „Proxima” S.A., Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Zboralska E., Zborowska T., 1980. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych w kat. C i B z utworów plejstocénskich w rejonie Swarzędza–Pobiedzisk. Archiwum Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Zboralska E., 1984. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów zwykłych wód podziemnych systemu wodonośnego Wielkopolskiej Doliny Kopalnej. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział Projektów i Dokumentacji Geologicznych – Ośrodek Badań Hydrogeologicznych i Modelowania Matematycznego w Poznaniu. Archiwum Wielkopolskiego Urzędu Wojewódzkiego.
- Dąbrowski S., 1984. Dolina kopalna z interglacjału mazowieckiego. Biuletyn I.G., 348, Z badań czwartorzędu w Polsce. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Dąbrowski S., 1986. Wpływ warunków hydrogeologicznych na kształtowanie się przepływów Cybiny i Główniej. Materiały konferencji „Hydrogeologia regionalna i procesy hydrologiczne w zlewniach”, Poznań.
- Dąbrowski S., Przybyłek J., 1993. Zasoby wód podziemnych dla ujęć wodociągowych Poznań. Materiały konferencji „Problemy ujmowania i ochrony wód podziemnych”, Poznań.
- Dąbrowski S. i in., 1999. Dokumentacja hydrogeologiczna Regionu Poznańskiego Dorzecza Warty. „Hydroconsult” Sp. z o.o., Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Piaszyk B., Straburzyńska R., 2000. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych lokalnych struktur czwartorzędowych i zasad ich ochrony na obszarze Poznańskiego Dorzecza Warty. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S. i in., 2000. Aneks nr 4 do „Dokumentacji hydrogeologicznej ujęć wód podziemnych w rejonie Swarzędz–Pobiedziska i ujęcia Gruszczyn z 1976 r. i uzupełnionej w 1980 r.”. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S., Trzeciakowska M., Późniak J., 2005. Dokumentacja hydrogeologiczna określająca zasoby eksploatacyjne wód podziemnych z utworów czwartorzędowych komunalnych ujęć m. Poznania Gruszczyn i Promienko. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Górski J., 1989. Główne problemy chemiczne wód podziemnych utworów kenozoiku środkowej Wielkopolski. Zeszyty Naukowe AGH nr 1308, Geologia 45.
- Górski J., Przybyłek J., 1996. Program rozwoju wodociągu aglomeracji poznańskiej. T. 6. Bilans zasobów wód podziemnych na obszarze wydzielonego zaplecza wodnego aglomeracji poznańskiej. UAM, Zakład Hydrogeologii Instytutu Geologii.
- Plenzler W. i in., 1998. Hydrologia i gospodarka wodna zlewni Poznańskiego Dorzecza Warty. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział w Poznaniu.

6.2.4. Ujęcie Mosina-Krajkowo dla aglomeracji Poznania

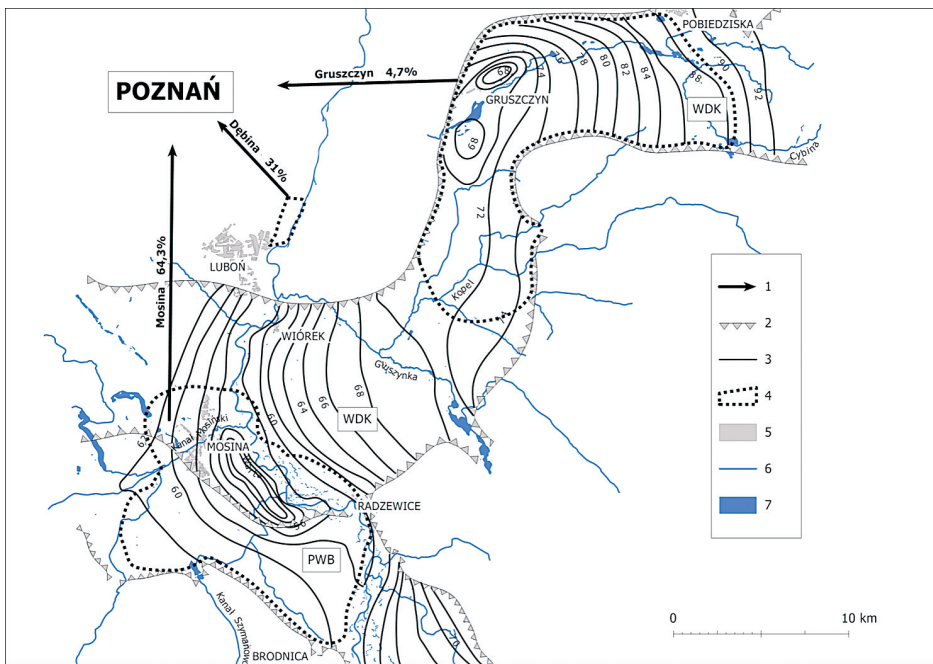
Jan Przybyłek, Dariusz Kasztelan

Wstep

Na terenie doliny Warty na południe od Poznania, pomiędzy wsią Wiórek na N a wsią Radzewice na S (rys. 6.2.26), występują korzystne warunki hydrogeologiczne do budowy dużych ujęć wód podziemnych, bowiem w strefie tej krzyżują się dwie regionalne pasmowe struktury hydrogeologiczne w piętrze czwartorzędowym wykazane jako główne zbiorniki wód podziemnych (Kleczkowski, 1990), tj. wielkopolska dolina kopalna (GZWP nr 144) i Pradolina Warszawsko-Berlińska (GZWP nr 150).

W latach 1968–1983 w odległości 20–28 km na S od granic Poznania w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej w dalszym i bliższym sąsiedztwie lewego brzegu rzeki Warty w rejonie miejscowości Mosina i Krajkowo włączano do eksploatacji kolejne grupy studni dużego ujęcia wód podziemnych dla aglomeracji poznańskiej.

Zasoby eksploatacyjne dla ujęcia Mosina-Krajkowo z utworów czwartorzędowych zostały ustalone dla obszaru zasobowego o powierzchni 90 km² w ilości



Rys. 6.2.26. Aglomeracja Poznania – rozmieszczenie ujęć wody Poznańskiego Systemu Wodociągowego wraz z elementami hydrodynamiki wód podziemnych w warunkach ich eksploatacji w latach regionalnej suszy hydrologicznej 1989–1992

Objaśnienia: 1 – kierunki przesyłu wody z ujęć: Mosina–Krajkowo, Dębina i Gruszczyn, 2 – granice GZWP: nr 144 – wielkopolska dolina kopalna (WDK) i nr 150 – Pradolina Warszawsko-Berlińska (PWB), 3 – hydroizohipsy w głównym użytkowym poziomie wodonośnym, 4 – zasięgi maksymalnego oddziaływania ujęć w okresie suszy, 5 – obszary miast, 6 – sieć rzeczna, 7 – jeziora

178 000 m³/d, przy depresji rejonowej od 2 do 9 m (Przybyłek i in., 1976). Obliczenia zasobowe przeprowadzono z wykorzystaniem analogowych badań modelowych na integratorze elektrycznym AP 600. W bilansie składników zasilania zasobów eksploatacyjnych całego ujęcia określono udział infiltracji z rzek na 63%. W 1994 r. opracowano dokumentację hydrogeologiczną (Przybyłek i in., 1994), w której omówiono funkcjonowanie ujęcia w okresie 25 lat jego eksploatacji (1968–1994) oraz przeprowadzono krytyczną analizę bilansu wodnego w warunkach znacznego poboru wody z ujęcia Mosina–Krajkowo w okresie suszy hydrogeologicznej w latach 1989–1992. Wykorzystano do tej analizy badania modelowe wykonane według programu numerycznego SWW2 z biblioteki Hydrylib. Komisja Dokumentacji Hydrogeologicznych (KDH), opiniując przedstawioną dokumentację, w swoim orzeczeniu przyjęła zasadność podtrzymania decyzji zasobowej z 1977 r., ale równocześnie wskazała na celowość rozważenia rozwoju systemów sztucznego zasilania wód podziemnych z rzeki Warty w związku z objawami nadmiernego rozwoju leja depresji w okresie trwania suszy regionalnej lat 1989–1992.

Po ponad 40-letniej eksploatacji i przy ograniczeniach spowodowanych pogorszeniem się jakości wody na tarasie nadzalewowym maksymalna potencjalna wydajność ujęcia wynosi 120 000 m³/d. Ujęcie w ostatnich latach jest obiektem wzrastającej presji antropogenicznej.

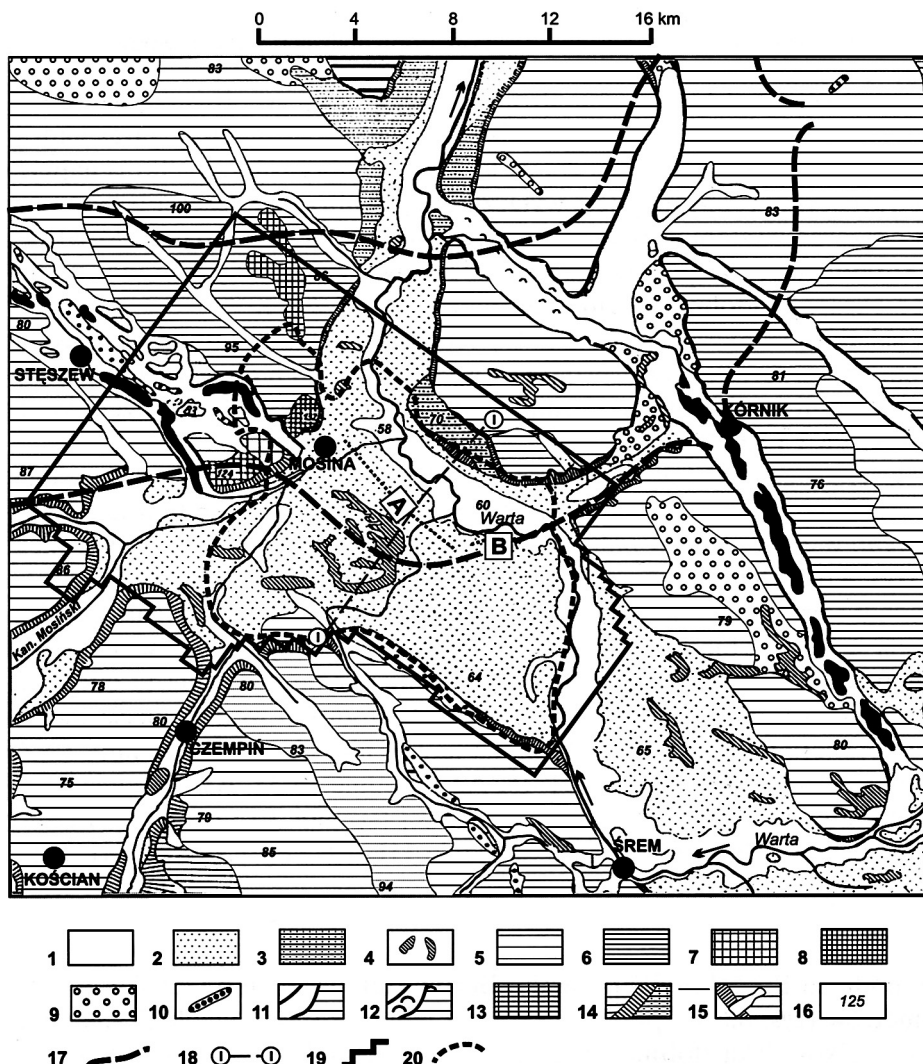
Położenie geograficzno-przyrodnicze

Ujęcie wody Mosina–Krajkowo jest największym z ujęć Poznańskiego Systemu Wodociągowego (PSW) (rys. 6.2.26). Zostało zlokalizowane w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej – w jej rozszerzonym odcinku zwanym basenem mosińskim (Tomaszewski, 1967), o szerokości 8 km i rozciągłości 20 km (rys. 6.2.27).

Obszar basenu asymetrycznie przecina rzeka Warta, która na wysokości Rogalinka opuszcza pradolinę doliną przełomową na północ, w stronę Poznania. Do Warty pod Rogalinkiem uchodzi Kanał Mosiński, a pod Baranowem kanał Szymanowo–Grzybno (rys. 6.2.28). Rzeka Warta w stanach niskich ma szerokość 60–80 m i głębokość 2–3 m. Jej przepływy w rejonie ujęcia wynoszą: średnie 101,5 m³/s, średnie niskie 41,0 m³/s, najniższe z obserwowanych 24,5 m³/s (Przedwojski i in., 1993). Na obrzeżu Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej występują: w części N – Wzgórza Pożegowskie (morena czołowa) w Wielkopolskim Parku Narodowym, od wschodu – wysoczyzna średzka (rejon Rogalina), od S i SW – wysoczyzna kościańska. Pozostałe odniesienia geomorfologiczne przedstawiono za Krygowskim (1975) na rysunku 6.2.27.

W granicach Pradoliny występują 3 rodzaje tarasów: zalewowy, nadzalewowy i bifurkacyjny. Zalewowy taras holoceniński ma zmienną szerokość 0,5–2,0 km i występuje na rzędnej 55–56 m n.p.m. z licznymi starorzeczami i oczkami wodnymi o trwałym i okresowym zatopieniu. Wyższe tarasy plejstocenińskie występują na wysokości 60–66 m n.p.m. i mają liczne pola wydumowe o wysokości względnej dochodzącej do 20 m.

W 1997 r. prawie cały teren ochrony bezpośredniej ujęcia oraz większość obszaru jego zasilania włączono do Rogalińskiego Parku Krajobrazowego, powołanego przez wojewodę poznańskiego rozporządzeniem nr 4/97 z dnia 26 czerwca 1997 r.



Rys. 6.2.27. Szkic geomorfologiczny okolic Mosiny (Krygowski, 1975) z sytuacją grup studni ujęcia Mosina-Krajkowo dla aglomeracji Poznania w Pradolinie Warszawsko-Berlińskiej: A – bariera studni na tarasie nadzalewowym, B – bariera studni ujęcia brzegowego oraz studnia promienista przy rzece Warcie

Objaśnienia: 1 – taras zalewowy, 2 – taras nadzalewowy (wydmowy), 3 – taras wysoki, 4 – pagórki wydmowe, 5 – wysoczyzna morenowa płaska, 6 – wysoczyzna morenowa falista, 7 – wysoczyzna morenowa pagórkowata (akumulacyjna), 8 – strefa pagórków moreny czołowej, 9 – sandry, 10 – wały ozowe, 11 – rynna o płaskim dnie, 12 – rynna o dnie pagórkowatym, 13 – wały morenowe typu ostańcowego, 14 – krawędzie, załomy, zbocza dolinne, 15 – drobne dolinki i parowy, 16 – punkty wysokościowe, 17 – granica GZWP nr 144 – dolina kopalna wielkopolska, 18 – linia przekroju hydrogeologicznego patrz: rys. 6.2.29, 19 – granica modelu matematycznego dla całego ujęcia Mosina-Krajkowo z 1994 r., 20 – linia zasięgu wpływu ujęcia na wody podziemne piętra czwartorzędowego w okresie suszy w 1992 r.

w celu ochrony i zachowania nadwarciańskich rozlewisk oraz właściwego gospodarowania zasobami przyrody na tych terenach. Od 2004 r. ujęcie wody Mosina–Krajkowo oraz jego obszar zasobowy i zasilania objęto specjalną ochroną. Utworzono: Specjalny Obszar Ochrony Siedlisk Natura 2000 Rogalińska Dolina Warty (PLH 3000012), Obszar Specjalnej Ochrony Ptaków Ostoja Rogalińska – (PLB 300017).

Historia badań hydrogeologicznych, budowy ujęcia wody i rozwoju jego eksploatacji

Badania hydrogeologiczne na terenach przeznaczonych pod budowę ujęcia wody Mosina–Krajkowo wiązały się wielokrotnie z eksploatacją badawczo-dosławniczą na różnych etapach jego rozwoju, co wynikało z wielkości ujęcia dla aglomeracji Poznania czy też konieczności przyspieszania jego rozbudowy w związku ze wzrastającymi potrzebami wodnymi tej aglomeracji.

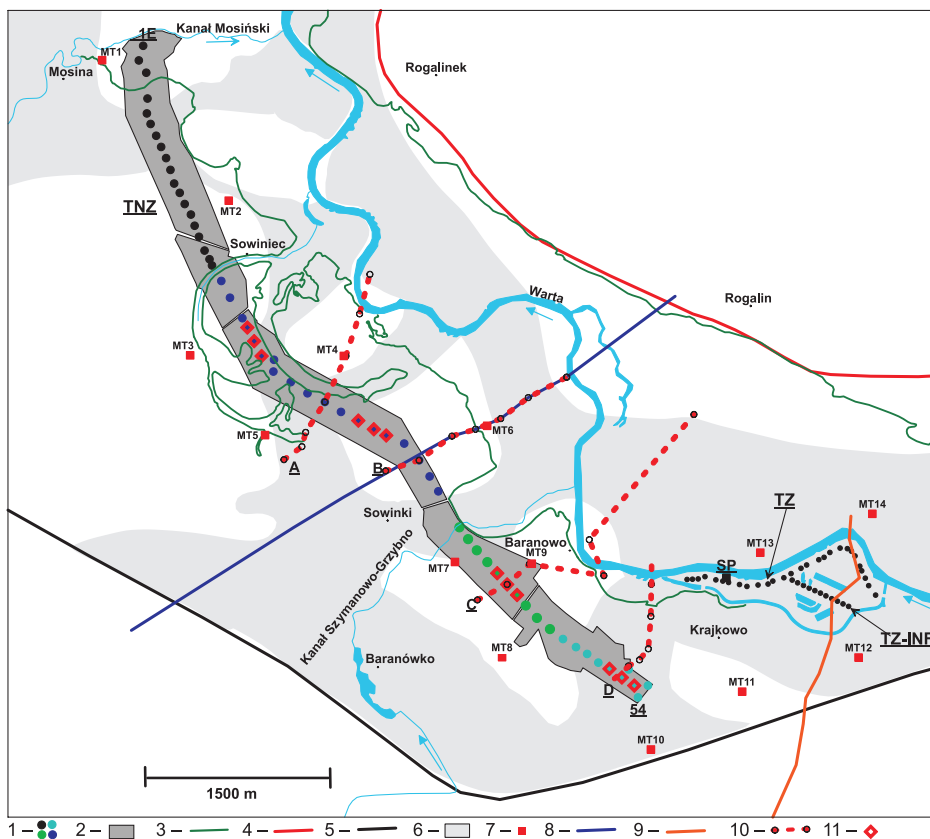
Lata 1941–1942: firma G. Thiema z Lipska przeprowadziła w rejonie Mosiny badania nad możliwością ujęcia wody dla m. Poznania. Jest wielce prawdopodobne, że nastąpiło to w związku z planami budowy autostrady przez okupanta hitlerowskiego przez rezerwowe tereny wodonośne infiltracyjnego ujęcia wody w Poznaniu-Dębinie, co pozbawiłoby miasto bliskiego zaplecza wodnego. Rozpoznano warunki hydrogeologiczne fragmentu Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej przedstawione na rysunku 6.2.28. Wykonano ogółem 107 wierceń o głębokościach w przedziale 3,2 do 30,1 m, w tym kilka hydrowęzłów. Wszystkie otwory po badaniach zlikwidowano. Na podstawie sporządzonych map hydroizohips w podziałce 1:25 000 dla skrajnych stanów wód w prowadzonym okresie obserwacji, przekrojów hydrogeologicznych, obliczeń współczynnika filtracji, G. Thiem w swojej ekspertyzie (1943) ocenił zasoby dynamiczne poziomu wód gruntowych na międzyrzeczu Warty i Kanału Mosińskiego w granicach Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej na 50 000 m³/d.

Lata 1960–1963: Przedsiębiorstwo Geologiczne Gospodarki Komunalnej „Północ” w Gdańsku, a w końcowej fazie Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu (PH Poznań) wykonało wzdłuż wstępnie projektowanej linii ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych na tarasie nadzalewowym (TNZ) od granic zabudowy miasta Mosina do wsi Krajkowo 12 otworów poszukiwawczych i 9 otworów rozpoznawczych w czterech hydrowęzłach badawczych. Na podstawie wykonanych badań J. Szenic (1962, 1963) opracował „Dokumentację i projekt badań hydrogeologicznych budowy I etapu wodociągu dla m. Poznania w Mosinie”, ustalając pierwsze bardzo szacunkowe zasoby dynamiczne i zasoby eksploatacyjne w kat. B. Na tym etapie badań stwierdzono po raz pierwszy występowanie osadów wodonośnych w obrębie starszej czwartorzędowej struktury hydrogeologicznej pod utworami Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej i glinami zlodowacenia środkowopolskiego. Struktura ta została szczegółowo rozpoznana w swoim przebiegu przez środkową Wielkopolskę w latach 70. i jest obecnie znana pod nazwą „wielkopolska dolina kopalna” (Dąbrowski, 1990), stanowiąc główny zbiornik wód podziemnych (GZWP nr 144) ujęty w ewidencji gospodarki wodnej.

Lata 1964–1966: PH Poznań wykonało dla budowanego ujęcia w eksploatacji systemem lewarowym 20 otworów rozpoznawczych w barierze o długości 1,8 km

między Mosiną a majątkiem Sowiniec (rys. 6.2.28) w związku z I etapem budowy wodociągu w Mosinie (studnie od 1E do 15).

Lata 1967–1969: od sierpnia do listopada 1967 r. przeprowadzono wstępny rozruch ujęcia lewarowego (I etapu). Próby eksploatacyjne trwały po 8 godzin na dobę. Uzyskiwano w nich wydajność globalną w granicach od 46 500 do 49 500 m³/d. Od lutego 1968 r. rozpoczęto stałą eksploatację ujęcia – inwestycji I etapu (ujęcie – stacja uzdatniania – zbiorniki na Wzgórzach Pożegowskich nad Mosiną – wodociągowa magistrala zachodnia do Poznania). W 1968 r. wydobyto łącznie 10,2 mln m³ wody, co odpowiadało średniej wydajności 31 000 m³/d. Na skutek znacznego współdziałania studni w barierze studni oddalonych o ponad 1 km



Rys. 6.2.28. Położenie grup studni ujęcia wód podziemnych Mosina–Krajkowo i elementów rozpoznania hydrogeologicznego

Objaśnienia: 1 – studnie wiercone w różnych etapach rozwoju ujęcia, 2 – teren ochrony bezpośredniej ujęcia na tarasie nadzalewowym, 3 – granica tarasu zalewowego, 4 – rogalińska krawędź Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (PWB), 5 – południowy zasięg osadów wodonośnych wielkopolskiej doliny kopalnej (WDK), 6 – okna hydrogeologiczne w glinach zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego pomiędzy osadami wodonośnymi PWB i WDK, 7 – otwory badawczo-obsługowe monitoringu wód podziemnych (MT), 8 – linia przekroju hydrogeologicznego (rys. 6.2.29), 9 – linia profilu obserwacji stacjonarnych w Krajkówce, 10 – linie przekrojów ze schematami zasilania ujęcia TNZ (rys. 6.2.33), 11 – hydrowęzły badawczo-eksploatacyjne w okresie rozbudowy ujęcia TNZ

od koryta rzeki Warty (rys. 6.2.27, 6.2.28), przy depresji zwierciadła wody podziemnej ograniczonej lewarowym systemem eksploatacji, nie uzyskano zakładanych 50 000 m³/d produkcji wody z ujęcia.

Równolegle do prac prowadzonych dla I etapu budowy ujęcia realizowano rozpoznanie hydrogeologiczne dla II etapu budowy wodociągów z rozbudową studni wzdłuż wytyczonej linii ujęcia na tarasie nadzalewowym Warty (projektowane studnie od nr 15 do nr 54) w kierunku wsi Sowinki i dalej w kierunku wsi Baranowo i Krajkowo (rys. 6.2.28). Otwory rozpoznawcze rozmieszczono w czterech grupach (hydrowęzłach) we w miarę równych odległościach od siebie (rys. 6.2.28): hydrowęzeł I (studnie 19, 20, 21 niedaleko od majątku Sowiniec, hydrowęzeł II (studnie 29, 30, 31) w sąsiedztwie wsi Sowinki, hydrowęzeł III (studnie 40, 41, 42) w sąsiedztwie wsi Baranowo, hydrowęzeł IV (studnie 50, 51, 52) w pobliżu wsi Krajkowo. Przeprowadzono pompowania pojedyncze i zespołowe studni w poszczególnych hydrowęzłach oraz badania technologiczne w zakresie procesu uzdatniania wody z perspektywicznego odcinka rozbudowy ujęcia w ramach II etapu prac inwestycyjnych.

Lata 1970–1971: Zakład Ujęć Wód Podziemnych Instytutu Gospodarki Komunalnej Oddział w Poznaniu przeprowadził studia nad ochroną jakości i zasobów wód podziemnych. Zakres badań obejmował analizę hydrodynamiczną struktury hydrogeologicznej oraz ocenę stanu jakościowego wód podziemnych i hydraulicznie z nimi związanych wód powierzchniowych. Ponadto rozpoznano sposób użytkowania powierzchni na obszarze zasilania i dokonano identyfikacji potencjalnych ognisk zanieczyszczenia wód podziemnych. Końcowym efektem pracy była koncepcja ochrony ujęcia wody w Mosinie oraz wnioski dotyczące metodyki ustalania stref ochronnych ujęć wód podziemnych.

Lata 1972–1974: w celu zwiększenia wydajności ujęcia wody I etapu budowy wykonano dodatkowo dwie studnie na przedłużeniu lewara w stronę Kanału Mościńskiego, 7 dalszych studni na ujęciu pompowym, w stronę kanału Szymanowo–Grzybno. W związku z dużą odległością studni na tarasie nadzalewowym od koryta rzeki Warty i koniecznością wywołania znacznych depresji dla uzyskania przepływu wód z doliny zalewowej Warty i jej koryta, postanowiono zbadać warunki hydrogeologiczne wzdłuż rzeki dla oceny możliwości budowy brzegowego ujęcia infiltracyjnego nawet w warunkach tarasu zalewowego. Wykonano w tym celu 4 hydrowęzły brzegowe oraz 18 otworów poszukiwawczych wzdłuż linii brzegowej rzeki Warty od Rogalinka do Radzewic (od 256 km do 276 km biegu rzeki). Opracowano aneks do projektu prac geologicznych na rozszerzenie zakresu prac, gdyż korzystne wyniki uzyskane w wierceniach brzegowych upoważniały do przyjęcia koncepcji budowy ujęcia na tarasie zalewowym w rejonie Krajkowo–Radzewice.

Lata 1974–1976: w ramach aneksu do projektu badań hydrogeologicznych z 1972 r. wykonano: minibarię doświadczalną ujęcia brzegowego złożoną z 5 studni wzdłuż brzegu Warty, naprzeciwko wsi Krajkowo (rys. 6.2.28), oraz ich próbne miesięczne pompowanie zespołowe, a także przeprowadzono kompleksowe badania hydrogeologiczne oraz analogowe badania modelowe, które zakończyły się opracowaniem „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów eksploatacyjnych ujęcia mościńskiego” (Przybyłek i in., 1976).

Lata 1976–1980: dokończono budowę ujęcia na tarasie nadzalewowym w pełnym jego rozwinięciu (studnie od 1F przy Kanale Mosińskim do 54 w pobliżu wsi Krajkowo; rys. 6.2.28). Z ujęcia uzyskiwano wydajność łączną średnio do 78 300 m³/d.

Lata 1981–1984: przeprowadzono budowę ujęcia brzegowego w Krajkowie ze studniami od nr 1L do 39L położonymi 60–80 m od koryta rzeki Warty (rys. 6.2.28). Rozruch pierwszych studni nastąpił w maju 1982 r. Po rocznej eksploatacji wszystkich 20 studni w barierze brzegowej w dniu 4 października dokonano kontrolnego pomiaru wydajności współdziałających studni, uzyskując łączną wielkość poboru $Q_c = 2735 \text{ m}^3/\text{h}$ (65 640 m³/d) przy depresji w studniach od 5,1 do 7,1 m i depresji rejonowej w warstwie wodonośnej 1,8–2,5 m, co było zgodne z założeniami dokumentacji zasobowej (Przybyłek i in., 1976). Produkcja wody z całego ujęcia Mosina–Krajkowo wyniosła w październiku 1984 r. średnio 126 379 m³/d.

Lata 1990–1992: w rejonie ujęcia brzegowego w Krajkowie (rys. 6.2.28) zaprojektowano i wybudowano studnię promienistą w postaci szybu zbiorczego założonego w wale ochronnym oraz wyprowadzono z tego szybu 8 drenów występujących promieniście około 5 m pod dnem rzeki Warty w km 273 jej biegu. Studnia w okresie rozruchu uzyskiwała wydajność 18 000 m³/d. W następnych latach wydajność ta zmniejszała się w przedziale od 10 000 m³/d do 4000 m³/d. W 1991 r. odstąpiono od dotychczasowego systemu eksploatacji lewarowej odcinka ujęcia tarasowego przy Mosinie (studnie od 1F do 15), wprowadzając na całym ujęciu jednolity system poboru wód podziemnych za pomocą pomp głębinowych zabudowanych w poszczególnych studniach wierconych.

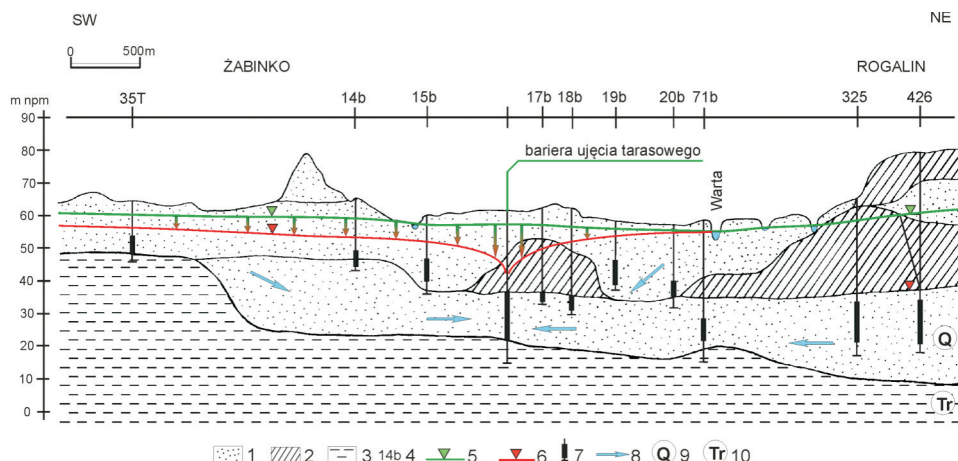
Lata 1992–1994: po 25 latach eksploatacji ujęcia mosińskiego wykonano, zgodnie z zaleceniem KDH przy Ministerstwie Środowiska w Warszawie, kontrolne badania bilansu wodnego ujęcia mosińskiego w nawiązaniu do skrajnie niekorzystnych warunków zasilania ujęcia w okresie suszy lat 1989–1992. Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem metod modelowania numerycznego w granicach obszaru podanych na rysunku 6.2.27. Badania te wykazały, że nieodzowne jest wprowadzenie sztucznego zasilania pierwszej warstwy wodonośnej wodą czerpaną za pomocą ujęcia wód powierzchniowych z rzeki Warty na wzór ujęcia sztucznej wody gruntowej Dębina w Poznaniu.

Lata 2003–2004 to okres budowy na wyspie krajkowskiej ujęcia wody ze sztucznej infiltracji.

Warunki hydrogeologiczne

Basen mosiński Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (rys. 6.2.27) jest poligenetyczną jednostką hydrogeologiczną piętra czwartorzędowego. Podłoże czwartorzędowego zbiornika wodonośnego w rejonie ujęcia stanowią ility serii poznańskiej górnego miocenu i pliocenu. Tak zarysowany układ hydrostrukturalny zilustrowano przekrojem na rysunku 6.2.29.

Pradolinę wypełnia kompleks osadów piaszczysto-żwirowych o grubości do 25 m, najczęściej 10–15 m, lokalnie z mułkami i torfami. W podłożu pradoliny zalegają ility serii poznańskiej neogenu, zaś w obszarze wielkopolskiej doliny kopalnej jej osady piaszczysto-żwirowe o grubości do 25–30 m, rozdzielone lokalnie glinami

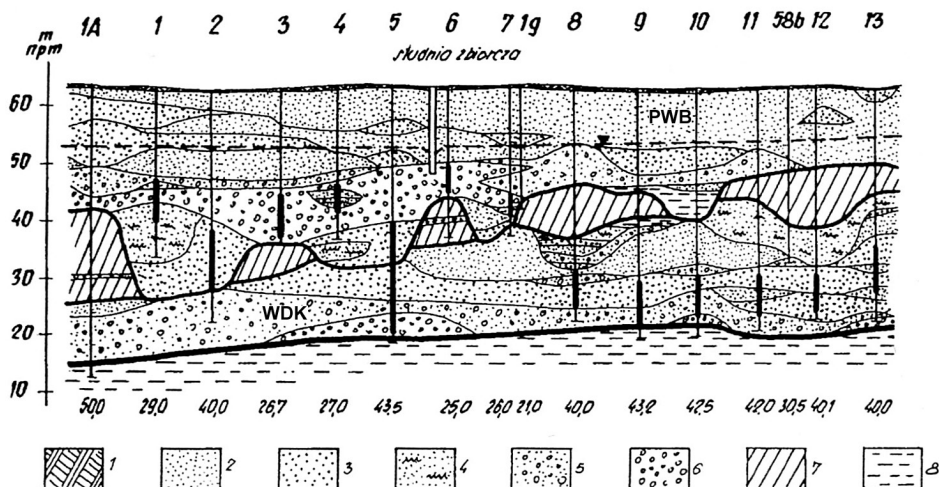


Rys. 6.2.29. Przekrój hydrogeologiczny Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej w rejonie Mosiny
 Objasnienia: 1 – piaski i żwiry, 2 – gliny, 3 – ily, 4 – numer otworu, 5 – położenie zwierciadła wody stan naturalny, 6 – położenie zwierciadła wody – stan wymuszony eksploatacją – bariera studni (ujęcie tarasowe – TNZ) z wydajnością 84 000 m³/d w latach 1990–1992, 7 – strefa zafiltrowania otworów, 8 – kierunki przepływu wód podziemnych, 9 – osady czwartorzędowe, 10 – osady neogénskie

zwałowymi złodowacenia środkowopolskiego. W północno-wschodniej jej części występują dwa poziomy wodonośne: poziom wód gruntowych związany z osadami pradolinowymi i poziom wielkopolskiej doliny kopalnej. Poziomy te poprzez liczne okna hydrogeologiczne w pokładzie glin środkowopolskich łączą się hydraulicznie ze sobą (rys. 6.2.29).

W profilu pradoliny wyróżnić można dwie wyraźnie wykształcone serie osadów wodonośnych. Część dolna profilu zbudowana jest z utworów gruboziarnistych: piasków różnoziarnistych, gruboziarnistych, żwirów i pospólek i związana jest z sedymentacją fluwioglacjalną. Część górna osadów zbudowana jest z utworów o drobniejszym ziarnie: piasków drobno- i średnioziarnistych i związana jest z sedymentacją fluwialną. Wreszcie przy współczesnej powierzchni terenu pojawiają się utwory zastoiskowe, piaski pylaste, namuły i torfy. Miąższość osadów pradoliny wynosi od kilku do 25 m w strefach przegłębień. Miąższość serii utworów fluwialnych zmienia się w przedziale od 2,0 do 9,0 m, a fluwioglacjalnych od 0 do 15,0 m. Zwierciadło wody w poziomie pradoliny ma charakter swobodny, lokalnie napięty w strefach występowania utworów organicznych i zastoiskowych (rys. 6.2.30).

W profilu wielkopolskiej doliny kopalnej (interglacja wielki) podobnie jak w pradolinie wyróżnić można dwa wyraźnie zaznaczone cykle sedymentacyjne. Część dolna profilu osadów doliny kopalnej wykształcona jest w postaci utworów gruboziarnistych. Utwory te ku górze przechodzą w piaski średnio- i drobnoziarniste. Najwyższa część osadów doliny kopalnej wykształcona jest w postaci piasków pylastych. Miąższość osadów wodonośnych wynosi średnio około 21 m. Zwierciadło wody w poziomie wielkopolskiej doliny kopalnej ma charakter swobodny w strefach bezpośrednich kontaktów z poziomem pradoliny w rejonach okien hy-



Rys. 6.2.30. Przekrój hydrogeologiczny przez barierę studni ujęcia lewarowego w Mosinie, eksploatacja systemem lewarowym w latach 1969–1989, od 1990 r. eksploatacja za pomocą pomp głębinowych zabudowanych w każdej studni wierconej
 Objasnienia: 1 – gleba, 2 – piaski drobnoziarniste, 3 – piaski średnioziarniste, 4 – piaski pylaste, 5 – piaski ze żwirami, 6 – żwiry, 7 – gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego, 8 – iły serii poznańskiej neogenu, PWB – osady Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej, WDK – osady wielkopolskiej doliny kopalnej

drogeologicznych lub naporowy w rejonach występowania glin zwałowych, rozdzielających oba poziomy wodonośne.

W tabeli 6.2.14 zestawiono podstawowe parametry studni i warstw wodonośnych w rejonie dawnego ujęcia lewarowego ukazujące zakres ich zmienności.

Zasilanie wód podziemnych zbiornika mosińskiego zachodzi na drodze infiltracji opadów i infiltracji z istniejących cieków, głównie Warty i starorzeczy. Jest ono zmienne i waha się w przedziale 3,6–36,4 m³/h/km². Zasilanie powyżej 13,6 m³/h/km² dotyczy obszarów, gdzie występuje infiltracja opadów i magazynowanie wód powierzchniowych w obrębie leja depresyjnego ujęć.

Naturalny układ krążenia wód został silnie zmieniony od 1968 r. w wyniku eksploatacji ujęcia mosińskiego.

Tabela 6.2.14. Charakterystyka hydrogeologiczna studni bariery tarasowej w Mosinie ujmujących poziom wód gruntowych (PWB) i poziom wód głębinowych (WDK = warstwa podglinowa) w rejonie dawnego ujęcia lewarowego (studnie od 1F do 15)

Poziom wodonośny	Liczba studni*	M [m]	Głębokość ujęcia warstwy	Filtr [m]	Q [m ³ /h]	s [m]	q [m ³ /h·1m]	k [m/h]	k [m/d]
PWB	20	16,1	10–23	6,5	104,5	4,14	30	2,08	50,0
WDK	69	21,6	26–46	12,3	121	6,24	23	1,58	38,03

*zbiór wszystkich wykonanych studni pierwszych i zastępczych

Opis ujęcia i jego strefy ochronnej

Ujęcie składa się z trzech barier studziennych: tarasowej, brzegowej i infiltracyjnej oraz studni promienistej (rys. 6.2.28). Woda czerpana jest za pomocą pomp głębinowych i dalej tłoczona systemem rurociągów na stację uzdatniania wody w Mosinie z następujących zespołów studni:

- **bariery tarasowej – ujęcie tarasowe (TNZ)** – uruchomionej w 1968 r. – utworzonej z 56 studni o wydajności od 50 do 150 m³/h i głębokości 38–52 m, rozmieszczonych w rozstawie co 100–150 m na długości 7150 m,
- **bariery brzegowej – ujęcie brzegowe (TZ)** (eksploatowanej od 1982 r.), zlokalizowanej na sztucznie wydzielonej wyspie krajkowskiej, powstałej pomiędzy Wartą a kanałem ochronnym, w jej skład wchodzi 29 studni o głębokości 35–46,5 m i wydajności 90–120 m³/h, rozmieszczonych w rozstawie co 45 lub 90 m w wale ochronnym o długości 1980 m,
- **studni promienistej (SP)** wybudowanej na wyspie krajkowskiej w latach 1988–1991, składającej się z pompowni i studni zbiorczej o średnicy 8 m i głębokości 12 m, z której wyprowadzono 8 poziomych drenów o łącznej długości części czynnej 718 m, ułożonych na głębokości 5 m pod dnem rzeki Warty,
- **bariery infiltracyjnej – ujęcie sztucznej infiltracji (TZ-INF)**, najmłodszego składnika (2004 r.) ujęcia mosińskiego. Bariera ta o długości 500 m, zlokalizowana w najszerszej części wyspy krajkowskiej, składa się z 11 studni o wydajności 40–45 m³/h i głębokości 20–25 m. Studnie zasilane są poprzez trzy stawy infiltracyjne o powierzchni ca 2,9 ha, na które podawana jest woda z pompowni wody rzecznej.

Strefa ochronna ujęcia wody Mosina–Krajkowo została ustanowiona Rozporządzeniem Wojewody Wielkopolskiego nr 51/01 z dnia 14 grudnia 2001 r. (Dziennik Urzędowy Województwa Wielkopolskiego z dnia 28 grudnia 2001 r. nr 163, poz. 4502). Granice terenów ochrony bezpośredniej ujęcia Mosina–Krajkowo przedstawiono na rysunku 6.2.28. Z racji rozległości terenu ochrony pośredniej problemy zagospodarowania i ochrony terenów wodonośnych o szczególnym znaczeniu dla zaopatrzenia w wodę dla aglomeracji miejskich wymagają stale szczególnej staranności i rozważań w planowaniu przestrzennym (Górski i in., 2011).

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Pierwsze wyniki obliczeń zasobów dynamicznych i eksploatacyjnych dla ujęcia mosińskiego przedstawiono w dokumentacji hydrogeologicznej w 1963 r. (Szenic, Pleczyński, 1963). Zgodnie z zaleceniem KDH obliczono wówczas wielkość zasobów dynamicznych (odnawialnych) na podstawie próby bilansu wodnego zlewni hydrograficznej o powierzchni 510 km², przyporządkowanej obszarowi Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej, a więc bezpośredniej zlewni Warty, Kanału Mosińskiego i kanału Szymanowo–Grzybno, przyjmując sumę rocznych średnich opadów $P = 470$ mm oraz współczynnik infiltracji wód atmosferycznych w wysokości 0,5. Uzyskano wielkość 119,85 mln m³/r, co stanowi odpowiednio 328,36 tys. m³/d. Po dalszych korektach przedstawiono ostatecznie do zatwierdzenia zasoby dynamicz-

ne w wysokości 8280 m³/h (198 720 m³/d). W przytoczonych obliczeniach przyjęto za duży obszar bilansowy – nie odpowiadający zlewni hydrogeologicznej przyszłego ujęcia – oraz za wysoki wskaźnik infiltracji efektywnej opadów (50%). Zasoby eksploatacyjne obliczono dla projektu wstępnego budowy ujęcia mosińskiego, przewidującego ujęcie wody z 78 studni wierconych, ujmowanych systemem lewarowym za pomocą 6 studni zbiorczych, każda z dwoma lewarami w barierze o długości 6,5 km na tarasie nadzalewowym od Mosiny do wsi Krajkowo. Obliczenie współdziałania studni w poszczególnych ich zespołach zostało oparte na wynikach pompowań grupowych (po dwie studnie w każdym zespole badawczym). Przyjęto bardzo zaniżone wskaźniki współdziałania studni w przedziale od 5% do 15%. Nie uwzględniono infiltracji wód powierzchniowych jako składnika zasilania ujęcia. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 6.2.15.

Tabela 6.2.15. Zestawienie obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia Mosina–Krajkowo w pierwszej dokumentacji hydrogeologicznej (Szenic, 1962)

Studnia zbiorcza	Ilość studni	Długość lewarów	Łącznie [m]	Wydajność [m ³ /h]
1	14	2 × 650 m	1300	1510
2	14	2 × 650 m	1300	782
3	14	2 × 585 m	1170	1214
4	16	2 × 750 m	1500	1795
5	10	2 × 450 m	900	820
6	10	2 × 450 m	900	363
Razem	78		7070	6482

Na podstawie wykonanych obliczeń prezes Centralnego Urzędu Geologii decyzją nr KDH/885/M/R/152264 z dnia 30 kwietnia 1963 r. zatwierdził zasoby eksploatacyjne w wielkości 6482 m³/h (155 568 m³/d) przy depresji 1,2–7,7 m, a więc możliwej do eksploatacji lewarowej. Ze względu na wysokie koszty rocznego pompowania zespołowego całego ujęcia lub jego fragmentu odstąpiono od wyznaczenia zasobów eksploatacyjnych w kategorii A, przewidując zgodnie z obowiązującymi wówczas przepisami ustalenie tych zasobów w czasie użytkowej pracy ujęcia wody wybudowanego pod nadzorem hydrogeologicznym.

Eksploatacja użytkowa I etapu budowy ujęcia lewarowego (studnia zbiorcza nr I – rys. 6.2.30) rozpoczęta w 1969 r. wykazała, że przyjęty system eksploatacji lewarowej nie zapewnił uzyskiwania spodziewanych wydajności, dlatego przystąpiono do dalszych badań hydrogeologicznych zmierzających do ustalenia zasobów eksploatacyjnych przy zastosowaniu pomp głębinowych w poszczególnych studniach wierconych oraz zapewnienia możliwości pozyskiwania zasobów z infiltracji wód powierzchniowych.

Po przeprowadzeniu w latach 1972–1975 uzupełniających kompleksowych badań hydrogeologicznych przedstawiono dokumentację (Przybyłek i in., 1976) z nowym wnioskiem zasobowym. Decyzją KDH/013/4195/ M/77 z dnia 29 grudnia 1977 r. prezes Centralnego Urzędu Geologii zatwierdził dokumentację hydrogeologiczną, przedstawioną przez Wodociągi w Poznaniu, zawierającą ustalenie zasobów

bów wód podziemnych basenu mosińskiego dla zaopatrzenia miasta Poznania według stanu na grudzień 1975 r. w ilości 178 000 m³/d zgodnie z zestawieniem zasobowym w tabeli 6.2.16.

Tabela 6.2.16. Zatwierdzone zasoby eksploatacyjne ujęcia mosińskiego z formacji czwartorzędowej dla obszaru zasobowego o powierzchni 90 km²

Obiekt	Zasoby eksploatacyjne w kategorii B
Ujęcie ogółem	178 000 m ³ /d depresja rejonowa 2,0–9,0 m
w tym: ujęcie na tarasie nadzalewowym na długości 6,3 km	88 000 m ³ /d depresja rejonowa 3,5–9,0 m
w tym: ujęcie brzegowe na tarasie zalewowym na długości 3,6 km	90 000 m ³ /d depresja rejonowa 2,0 m
z tego na okres 5 lat przy długości 1,8 km	65 000 m ³ /d

Obliczenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych przedstawiono na podstawie analogowych badań modelowych (model lokalny i model regionalny) wykonanych na integratorze AP600 dla określenia wielkości zasobów ujęcia mosińskiego przy eksploatacji ujęcia tarasowego (taras nadzalewowy – TNZ) i projektowanego ujęcia brzegowego w rejonie wsi Krajkowo (taras zalewowy – TZ). Na lokalnym modelu analogowym symulowano współdziałanie ujęcia brzegowego z rzeką w warunkach bez kolmatacji jej koryta oraz z kolmatacją brzegów i dna rzeki Warty. Określono dopuszczalną depresję rejonową w wysokości 2,0 m oraz wskaźnik infiltracji brzegowej w wysokości: $q_i = 0,99 \text{ m}^3/\text{h} = 23,76 \text{ m}^3/\text{d}$ na 1 m koryta rzeki.

Model „regionalny” posłużył do określenia składników bilansu zasilania ujęcia przy prowadzonej eksploatacji ujęcia na tarasie nadzalewowym na odcinku Mosina–Baranowo–Krajkowo z wydajnością $Q = 3080 \text{ m}^3/\text{h}$ (73 920 m³/d) na stan w maju 1975 r., a następnie do oszacowania jego wydajności w pełnym rozwinięciu przy współdziałaniu z ujęciem brzegowym w Krajkowie.

W tabeli 6.2.17 przedstawiono bilans składników zasilania ujęcia mosińskiego według stanu badań w 1976 r., określając tym samym na podstawie badań terenowych i modelowych podstawowe źródła formowania się zasobów eksploatacyjnych tego ujęcia w pełnym rozwinięciu.

Tabela 6.2.17. Bilans składników zasilania ujęcia mosińskiego według badań w 1976 r.

Typ ujęcia	Składniki zasilania ujęcia mosińskiego w m ³ /d			Zasoby eksploatacyjne w m ³ /d
	zasoby dynamiczne, stałe	infiltracja z rzek (Warta, K. Mosiński)	zasoby uzupełniające	
Tarasowe (6,3 km)	31920	41040	15120	88080
Brzegowe (3,6 km)	13680	71040	5280	90000
Ogółem (9,9 km)	45600	112080	20400	178080
Udział w %	26,81	62,94	11,45	100,00

Eksploatacja ujęcia mosińskiego w latach 1992–1993 sięgała 140 000 m³/d. Ujęcie brzegowe w Krajkowie funkcjonuje dotychczas w postaci bariery studni o długości 1,950 km i nie będzie realizowana jego dalsza rozbudowa z uwagi na obszar NATURA 2000.

Weryfikacja zasobów ujęcia po 25 latach jego eksploatacji

Potrzebę sporządzenia – po 25 latach eksploatacji (od 1968 r.) ujęcia mosińskiego – „Dokumentacji hydrogeologicznej w zakresie bilansu wód podziemnych piętra czwartorzędowego i podstaw gospodarki wodnej w strefie zasobowej ujęcia mosińskiego dla m. Poznania” wskazała KDH w Warszawie w orzeczeniu przekazanym do PWiK w Poznaniu (obecnie AQUANET S.A.) w piśmie z dnia 3 lutego 1992 r.; znak KDH/013/5677/92.

Zadania związane z ustalonym programem badawczo-dokumentacyjnym zostały zrealizowane w latach 1992–1994. Do obliczeń bilansowych (Dąbrowski i in., t. III, 1994) wykorzystano możliwości, które stwarza modelowanie numeryczne. Wykonano model matematyczny dla obszaru filtracji o powierzchni 347,3 km². Model zbudowano w podziale 1:25 000. Badania modelowe przeprowadzono dla stanów niskich rzeki Warty przy eksploatacji w grudniu 1992 r.

Badania modelowe dla stanu roku suchego – stan identyfikacji: grudzień 1992 r.

Głównymi zadaniami tych badań było:

- określenie bilansu zasilania ujęcia mosińskiego;
- ustalenie wielkości depresji rejonowej ujęcia w grudniu 1992 r. względem stanów niskich stanu naturalnego – zdjęcie z 1942 r. (Thiem, 1943);
- wykonanie prognoz optymalizujących eksploatację ujęcia przy zachowaniu ograniczeń depresyjnych dla potrzeb aktualizacji zasobów eksploatacyjnych.

Stacjonarny model warunków krążenia wód zbudowano na stan hydrodynamiczny z grudnia 1992 r., przy eksploatacji średniej ujęcia mosińskiego w poniżej podanych wielkościach poboru wody:

- ujęcie tarasowe 3325 m³/h = 79 800 m³/d,
 - ujęcie brzegowe 2570 m³/h = 61 680 m³/d,
 - razem ujęcie Mosina-Krajkowo 5895 m³/h = 141 480 m³/d**
 - oraz ujęć innych użytkowników na obszarze zasilania 383 m³/h = 9192 m³/d.
- Na zbudowanym modelu stanów określono:
- obszar zasilania i depresję rejonową w tym obszarze względem stanów z 1942 r.,
 - bilans zasilania ujęcia.

Dla eksploatacji ujęcia mosińskiego w podanej wysokości 5895 m³/h tj. 141 480 m³/d, łącznie z innymi ujęciami, obszar zasobowy ujęcia wyniósł 148 km², przy depresji maksymalnej w obrębie leża depresyjnego do 14,2 m na linii bariery tarasowej i do 4,8 m na linii bariery brzegowej. Ograniczenia depresyjne wynoszące 9,0 i 2,0 m w dokumentacji zasobowej (Przybyłek, Szenic, Matuszak 1976) zostały więc w czasie wieloletniej suszy przekroczone.

Bilans na obszarze zasilania ujęcia mosińskiego (148 km²) kształtował się następująco:

infiltracja opadów i magazynowanie wód	2478	m ³ /h = 59 472 m ³ /d	39%
dopływy boczne	418	m ³ /h = 10 032 m ³ /d	6%
infiltracja z cieków	3410	m ³ /h = 81 840 m ³ /d	53%
przesączanie z poziomu mioceńskiego	120	m ³ /h = 2 880 m ³ /d	2%
razem	6426	m ³ /h = 154 224 m ³ /d	100%

Lej depresyjny wokół ujęcia wody w rejonie Mosina–Krajkowo osiągnął maksymalny rozwój w latach 1990–1992, a więc podczas długotrwałej suszy regionalnej, przekraczając swoimi rozmiarami zasięg pierwotnie ustalonego obszaru zasobowego oraz prognozowaną w dokumentacji zasobowej głębokość (depresja rejonowa). W nastaniu lat z wyższą wilgotnością lej depresji uległ częściowemu wypełnieniu wodą infiltracyjną podczas wezbrania powodziowego Warty w 1994 r. oraz został poddany wzmożonemu wypłyceciu po kolejnych powodziach, począwszy od lipcowo-sierpniowej 1997 r. aż do 2001 r. (Przybyłek i in., 2007). Spowodowało to pogorszenie jakości wody surowej w złożu wodonośnym, m.in. wzrost stężeń siarczanów i żelaza w wielkościach ponadnormatywnych wskutek ich wypłukiwania przy nawadnianiu strefy aeracji, czemu sprzyjał równolegle spadek zapotrzebowania na wodę w aglomeracji poznańskiej, skutkujący wyłączeniem z eksploatacji części studni ujęcia tarasowego Mosina–Krajkowo (Górski, Przybyłek, 1994, 1994a, 1997, 1998).

Badania hydrogeologiczne z lat 1992–1994 wykazały, że w gospodarce zasobami wodnymi w rejonie basenu mosińskiego nieodzowne jest wprowadzenie sztucznego zasilania pradolinnej warstwy wodonośnej z rzeki Warty. Wymogi ochrony związane z obszarami Natura 2000 wykluczyły możliwości dalszego rozwoju ujęcia brzegowego w stronę wsi Radzewice (Stachnowicz i in., 2008).

Pobór wody i oddziaływanie ujęcia na stany wód podziemnych

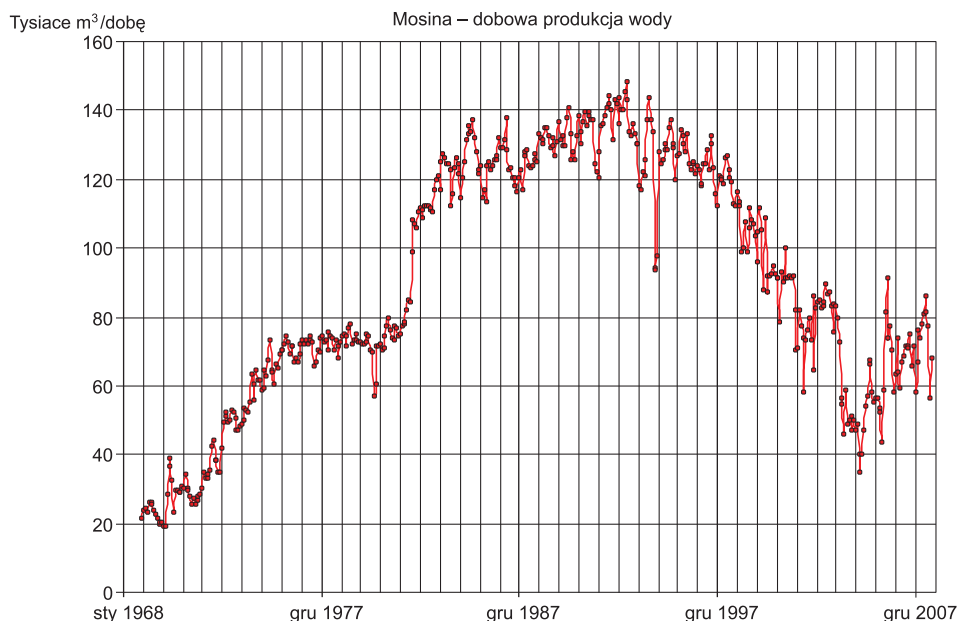
Czterdziestoletnią charakterystykę poboru wody z ujęcia Mosina–Krajkowo ilustruje postać wykresu średniej miesięcznej dobowej produkcji wody w latach 1968–2007 (rys. 6.2.31).

Eksploatację użytkową rozpoczęto od lutego 1968 r. w sąsiedztwie Mosiny z bariery studni o długości 1800 m między Kanałem Mosińskim a Strumieniem Sowińskim (rys. 6.2.28) z wybudowanego ujęcia lewarowego (fragment na przekroju – rys. 6.2.30). W pierwszych miesiącach 1968 r. wydajność ujęcia sięgała 35 000 m³/d, aby następnie obniżyć się znacznie w miarę rozwoju pierwszego leja depresyjnego (do 20 000 m³/d). Przyspieszona kolmatacja filtrów studziennych związkami żelaza i manganu obniżyła sprawność ujęcia nawet do 15 000 m³/d, co wymagało podjęcia interwencji w postaci odwiercenia pierwszych studni zastępczych już w latach 1971–1972. Od 1971 do 1975 r. włączano do eksploatacji wodociągowej sukcesywnie kolejne grupy studni uzbrojone w pompy głębinowe (tzw. hydrowęzły) w rozbudowywanej, zgodnie z projektem ujęcia, bariery na tarasie nadzalewowym (TNZ) w stronę wsi Sowinki, Baranowo, a następnie Krajkowo (rys. 6.2.28). Zastosowany sposób eksploatacji lewarowej dla I etapu okazał się

główną przyczyną braku możliwości zwiększenia wydajności ujęcia. Proporcje zasilania odcinka eksploatowanego z wydajnością 21 600 m³/d na jesieni 1969 r. układały się następująco: dopływ od strony Warty – 21,1%, dopływ od strony Kanału Mosińskiego – 43,5%, dopływ od strony zlewni gruntowej (wododziałowej w pradolinie) – 35,4%. Rozbudowa dalszej części ujęcia na tarasie nadzalewowym jako ujęcia pompowego spowodowała, że w miarę upływu lat odcinek z ujęciem lewarowym został zmarginalizowany w wyniku niskiej wydajności. W latach 70. i 80. XX w., wydajność ujęcia lewarowego zmniejszyła się jeszcze bardziej w efekcie obniżenia poziomu wód gruntowych w rejonie całego basenu mosińskiego na skutek włączenia do eksploatacji w latach 70. ujęcia pompowego na tarasie nadzalewowym. Rezultatem była średnia wydajność ujęcia lewarowego z wielolecia wynosząca 8650 m³/d, a procesy hydrogeochemiczne były przyczyną szybkiej kolmatacji filtrów studziennych (bliskość rozległego tarasu zalewowego).

W okresie regionalnej suszy ujęcie lewarowe we wrześniu 1989 r. było eksploatowane zaledwie z wydajnością 4370 m³/d przy depresji rejonowej wynoszącej od 0,8 do 4,4 m. Po stwierdzeniu tego typu warunków zdecydowano się na przebudowę ujęcia z lewarowego na eksploatację studni wierconych, za pomocą pomp głębinowych, przeprowadzoną od 1 grudnia 1989 r. do 19 czerwca 1990 r. Po przebudowie z dawnego ujęcia lewarowego uzyskano w lutym 1992 r., przy zastosowaniu systemu pomp głębinowych, wydajność w wysokości 23 000 m³/d przy depresji rejonowej wynoszącej od 5,0 do 9,0 m w okresie nadal trwającej suszy lat 1989–1992.

Wracając do postaci wykresu na rysunku 6.2.31, można zauważyć, że począwszy od 1976 r., po podłączeniu do eksploatacji wszystkich studni na tarasie nadzalewowym (TNZ), uzyskiwano łącznie z ujęcia lewarowego i pompowego wydaj-

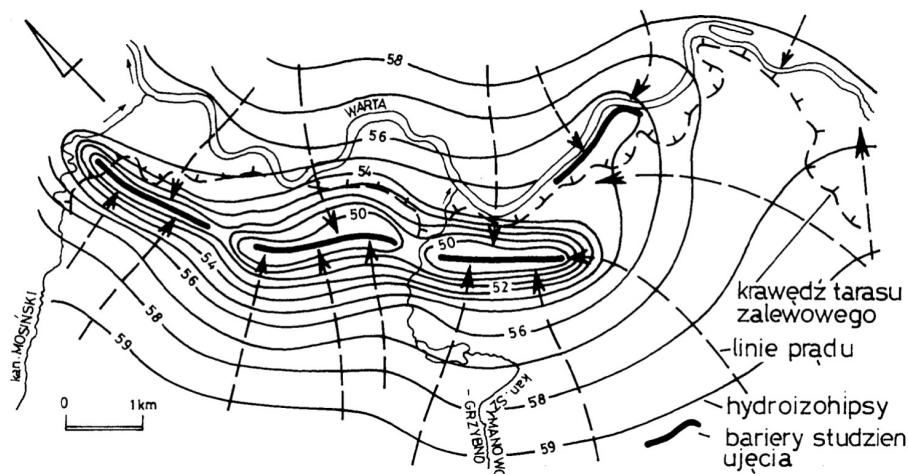


Rys. 6.2.31. Wykres poboru wody z ujęcia mosińskiego w latach 1968–2007

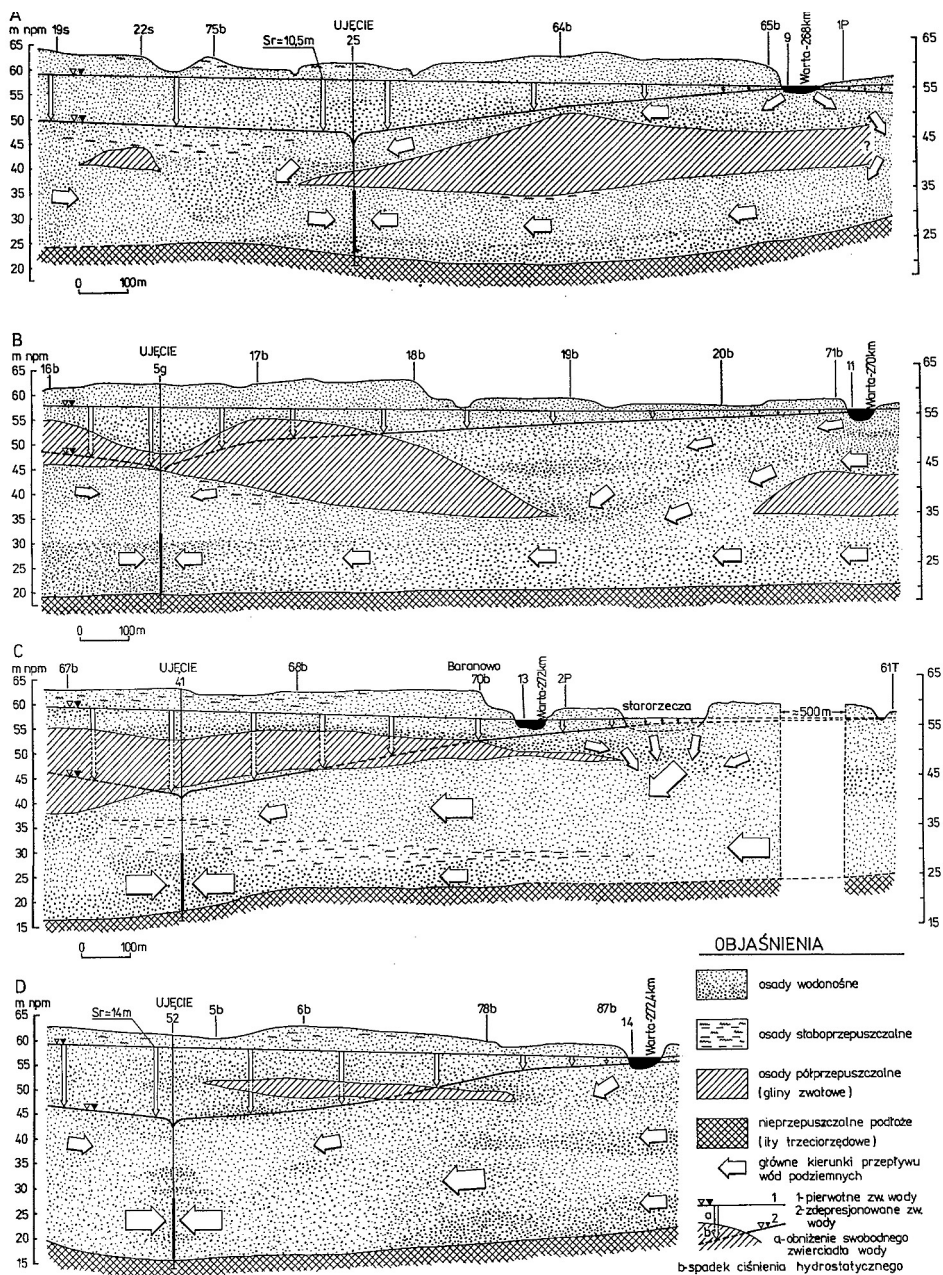
ność od 70 000 do 75 000 m³/d, a więc w granicach 79,5 do 85% zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych ($Q_e = 88\,000\text{ m}^3/\text{d}$). W 1982 r. uruchomiono pierwsze studnie na ujęciu brzegowym w Krajkowie (TZ), a do końca 1983 r. podłączono wszystkie studnie, uzyskując wydajność od 55 000 do 60 000 m³/d. Jak wynika z wykresu (rys. 6.2.31), oddanie do eksploatacji brzegowego ujęcia infiltracyjnego umożliwiło w latach 1984–1998 pobór wody z całości ujęcia Mosina–Krajkowo w ilości od 122 000 do 139 000 m³/d (okresowo do 143 000 m³/d, co stanowiło od 92 do 104% w stosunku do wielkości przyjętych zasobów eksploatacyjnych $SQ_e = 88\,000\text{ m}^3/\text{d} + 45\,000\text{ m}^3/\text{d} = 133\,000\text{ m}^3/\text{d}$ (ujęcie TNZ + ujęcie TZ-I etap Krajkowo po prognozie 5-letniej wg tab. 6.2.16). Na rysunku 6.2.32 przedstawiono lej depresji ujęcia Mosina–Krajkowo według pomiarów terenowych w sieci obserwacyjnej w okresie trwania średnich niskich stanów wody w styczniu 1985 r. ($SQ = 125\,000\text{ m}^3/\text{d}$) wynikający ze współdziałania ujęcia na tarasie nadzalewowym z ujęciem brzegowym w ich pełnym rozwinięciu, nawiązującym do udokumentowanych zasobów. Stan powyższy utrzymywał się do nastania początku wielkiej suszy regionalnej, która panowała w Wielkopolsce w latach 1989–1992.

Eksploatacja w okresie suszy regionalnej, przy wysokim zapotrzebowaniu aglomeracji poznańskiej na wodę, spowodowała nadmierny rozwój leja depresji, którego przekroczył granicę obszaru zasobowego i wywołał głębokie osuszenie warstwy pradolinnej. Depresja rejonowa w barierze na tarasie nadzalewowym osiągnęła wielkość blisko 13 m, przekraczając o 4 m przyjętą w dokumentacji zasobowej ($s_r = 9\text{ m}$).

Osiągnięcie maksymalnej depresji rejonowej $s_r = 13\text{ m}$, co stanowiło 30–40% pierwotnego słupa wody w warstwie wodonośnej, wynoszącego od 33 do 45 m, spowodowało przyrost obszaru oddziaływania ujęcia Mosina–Krajkowo do blisko 130 km² (rys. 6.2.26, 6.2.27). Skutkiem tak głębokiego leja depresji i bardzo niskich stanów rzeki Warty w tym okresie było zjawisko kolmatacji osadów w korycie

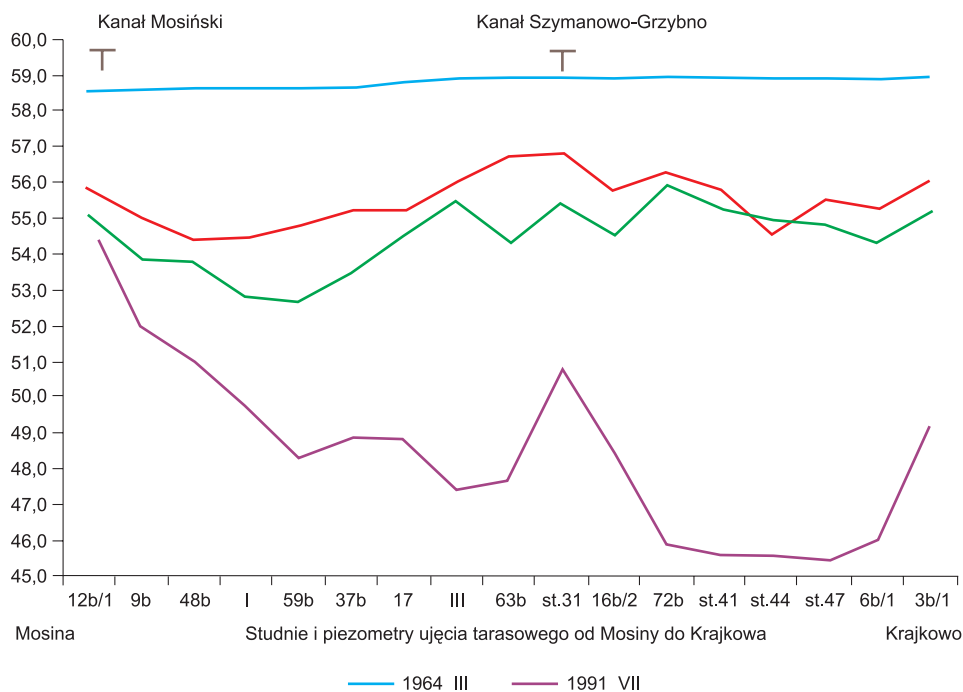


Rys. 6.2.32. Lej depresji ujęcia Mosina–Krajkowo według pomiarów terenowych w okresie niskich stanów wody w styczniu 1985 r. ($SQ = 125\,000\text{ m}^3/\text{d}$)



Rys. 6.2.33. Schematy zasilania ujęcia mosińskiego na tarasie nadzalewowym (TNZ) oraz zdepresjonowanie zwierciadła wody w latach 1991–1992 pomiędzy barierą studni a rzeką Wartą od km 268 do km 272,4 jej biegu

rzeki i pojawienie się depresji na przeciwległej, prawobrzeżnej części tarasu zalewowego, aż po linię najbliższych starorzeczy, co zilustrowano postacią przekrojów hydrogeologicznych ze schematami zasilania ujęcia na tarasie nadzalewowym w okresie niespotykanej od wielu lat suszy (rys. 6.2.33, przekroje A, B, C i D z sytuacją przestrzenną podaną na rys. 6.2.28). Również na ujęciu brzegowym nastąpiły podobne zjawiska, z tym że depresja rejonowa na tym ujęciu nie przekroczyła 4 m (przyjęta w dokumentacji $s_r=2$ m). Dla wzruszenia osadów dennych Warty i tym samym zmniejszenia skutków kolmatacji zastosowano spulchniacz hydrauliczny na statku technicznym „Wodnik”. Dopiero powódzie w 1994 r. i szczególnie lipcowo-sierpniowa w 1997 r., wywołując wzmożony ruch rumowiska rzeczne, całkowicie przywróciły pierwotny charakter więzi hydraulicznej warstwy wodonośnej z korytem rzeki Warty. Z chwilą wystąpienia powodzi nastąpiła odbudowa zasobów wodnych w utworzonym leju depresji. Jak obliczono w badaniach modelowych, wypełnienie leja depresji infiltracyjnymi wodami w czasie trwania długich wezbrań na rozległym tarasie zalewowym (zasoby wzbudzone) spowodowało zmagazynowanie się w objętości osuszonej warstwy pradolinnej (rys. 6.2.33) około 40 mln m³ wody. Ten tak znaczny dodatkowy zasób wywołał w efekcie wiele niepożądanych skutków, w tym w szczególności wzrost zawartości siarczanów i twardości wody podziemnej w studniach ujęcia na tarasie nadzalewowym (TNZ).



Rys. 6.2.34. Profile stanów zwierciadła wody podziemnej ilustrujące głębokość leja depresji wzdłuż ujęcia na tarasie nadzalewowym (TNZ) w okresie suszy (1991) oraz w okresach wilgotnych (2001, 2003) w porównaniu do stanu naturalnego (1964) przed wybudowaniem ujęcia Mosina–Krajkowo (wydajność ujęcia w tych okresach – tab. 6.2.18)

Tabela 6.2.18. Porównanie wydajności i produktywności ujęcia mosińskiego w okresie suszy regionalnej suszy (1992 r.) ze stanem eksploatacji na początku XXI w. (2000/2001)

Ujęcie	Grupa studni	Wydajność [m ³ /d]		Długość odcinka [m]	Produktywność [m ³ /d na 1 mb]	
		1992	2000/2001		1992	2000/2001
Mosina	TNZ-1	20907	18334	2100	9,96	8,73
	TNZ-2	20845	1778	2750	7,58	0,65
	TNZ-3	17044	1178	1300	13,11	0,91
	TNZ-4	24998	2822	1000	25,00	2,82
Razem	TNZ	83794	24112	7150	11,72	3,37
Krajkowo	TZ	52530	49062	1980	26,53	24,78
Ogółem	TNZ + TZ	136324	73174	9130	–	–

W tych warunkach operator ujęcia odstąpił od poboru wody z odcinków o najgorszej jakości, a wyłączenie kolejnych studni potęgowało stan zatopienia dawnej rozwiniętej nadmiernie strefy aeracji (rys. 6.2.34), przy czym znacząco zmieniły się składniki zasilania ujęcia, bowiem przy zmniejszonej lub zanikającej depresji rejonowej przestały dopływać do bariery na tarasie nadzalewowym na odcinku wyłączenia studni infiltracyjne wody z Warty o niskiej zawartości siarczanów. O skali zjawiska może świadczyć przedstawione porównanie wydajności poszczególnych grup studni i ich produktywności w okresie suszy (głęboki lej – 1992) i w latach mokrych 2000/2001 (tab. 6.2.18).

W XXI w. ujęcie Mosina–Krajkowo jest eksploatowane głównie poprzez wykorzystanie dawnego ujęcia lewarowego pomiędzy Mosiną i Sowińcem oraz zespołu ujęć infiltracyjnych na wyspie krajkowskiej. Jego wydajność zmniejszyła się znacząco poniżej 100 000 m³/d, oscylując w przedziale od 80 000 do 60 000 m³/d. Częściowo wiąże się to również z podjętą rozbudową stacji uzdatniania wody do wielkości 150 000 m³/d.

Tło hydrochemiczne i zakres zmian jakości wód podziemnych w trakcie eksploatacji

Pierwotne warunki hydrochemiczne w obszarze zasilania ujęcia mosińskiego zostały rozpoznane w badaniach G. Thiema w latach 1941–1942 oraz w latach 60. XX w. Według badań Thiema (1943), całość wód w poziomie gruntowym pozostawała w cyklu przemian naturalnych. Na podstawie badań poziomu WDK w latach 60. ubiegłego wieku stwierdzono, że chemizm wód dolnej warstwy wodonośnej ukształtowały również naturalne procesy hydrogeochemiczne. W tabeli 6.2.19 podano wartości tła podstawowych wskaźników analizowanych przy rozpatrywaniu zakresu przeobrażeń składu chemicznego wód podziemnych w trakcie eksploatacji ujęcia mosińskiego.

Po rozpoczęciu eksploatacji ujęcia Mosina–Krajkowo i w toku jego dalszej rozbudowy wystąpiły zmiany warunków hydrogeochemicznych wywołane różnymi czynnikami, do których należy zaliczyć: mieszanie się wód o różnej jakości a w szczególności dopływ wód górnej warstwy do warstwy dolnej, dopływ wód infiltrujących

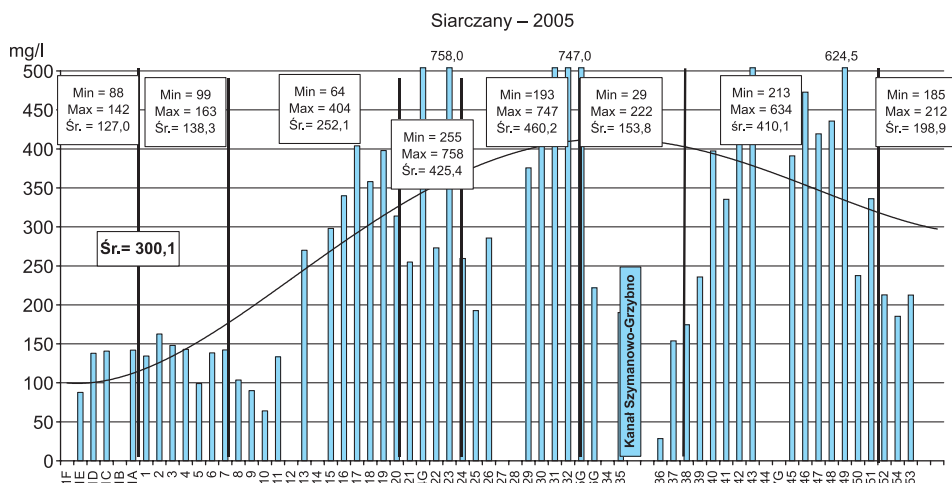
Tabela 6.2.19. Tło hydrogeochemiczne wód podziemnych w rejonie ujęcia mosińskiego na podstawie badań przed uruchomieniem eksploatacji (Górski, w: Przybyłek i in., 1994)

Wskaźnik	Zakres tła hydrogeochemicznego (mg/l)	
	warstwa górna [pradolinna]	warstwa dolna [wdk]
Chlorki	10–20	10–20
Siarczany	30–100	30–100
Azot azotanowy	0,05–0,3	n.w.–0,1
Azot amonowy	n.w.–1,1	n.w.–0,5
Żelazo	0,3–10,0	0,3–4,0
Mangan	0,1–0,7	0,13–0,35

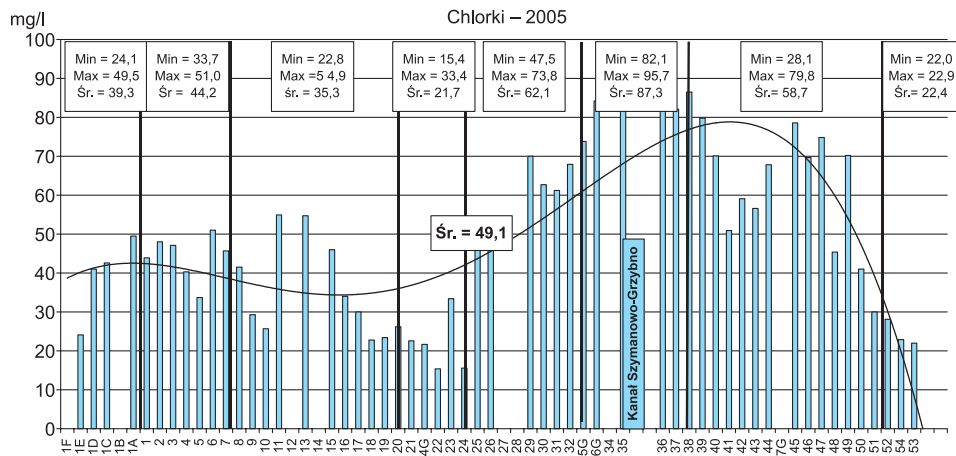
z cieków powierzchniowych, przemiany hydrogeochemiczne związane z utlenianiem się siarczków i substancji organicznych w wyniku obniżenia się zwierciadła wody, dopływ zanieczyszczeń antropogenicznych z powierzchniowych ognisk w obrębie ujęcia tarasowego.

Ujęcie na tarasie nadzalewowym (TNZ). Ogólny charakter zmian jakości wody w obrębie ujęcia tarasowego prześledzić można na podstawie diagramów chemicznych (rys. 6.2.35–6.2.37) ze zdjęcia hydrochemicznego przeprowadzonego w czerwcu i lipcu 2005 r. z poborem prób wody ze wszystkich studni ujęcia z odniesieniem się do pierwotnego tła z lat 60. i 70. ubiegłego wieku w zakresie zawartości: siarczanów, żelaza ogólnego, twardości ogólnej oraz chlorków. Porównanie stężeń wymienionych parametrów jakości wody wskazuje na intensywność przemian w ciągu blisko 40 lat eksploatacji.

Pierwsze objawy pogorszenia się jakości wód w zakresie żelaza i manganu oraz siarczanów nastąpiły już po dwóch latach eksploatacji ujęcia lewarowego (I etapu). Procesy przemian hydrogeochemicznych rozwinęły się szczególnie w obrębie tara-



Rys. 6.2.35. Siarczany [mgSO_4/l] w wodach podziemnych z bariery tarasowej [TNZ] według badań w czerwcu i lipcu 2005 r. Odcinki bariery: TNZ-1 [1E-15] TNZ-2 [16–35], TNZ-3 [36–45], TNZ-4 [46–54]

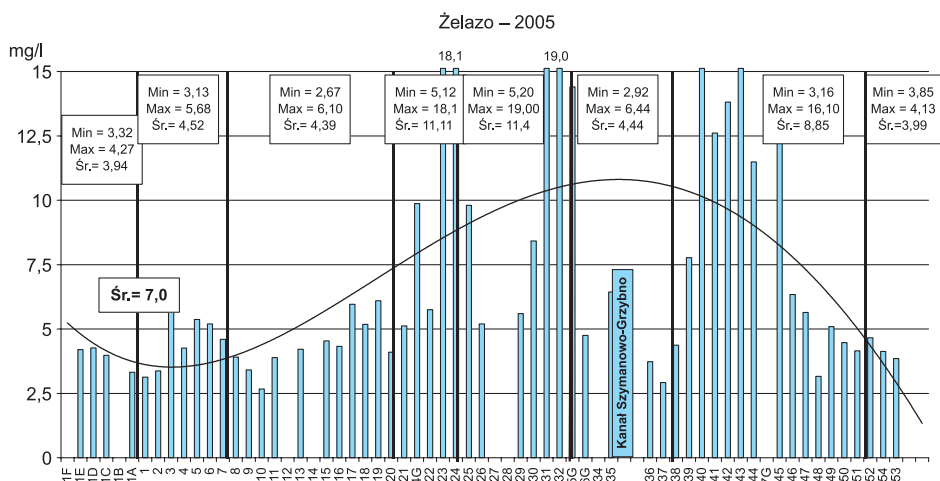


Rys. 6.2.36. Żelazo ogólne [mgFe/l] w wodach podziemnych z bariery tarasowej [TNZ] jw.

su zalewowego od strony Kanału Mosińskiego. Z pewnym opóźnieniem w stosunku do tych przemian zaznaczył się wzrost stężeń chlorków azotanowego i azotanów, co było związane z ujawnieniem się infiltracji wód powierzchniowych oraz dopływu wód antropogenicznie zanieczyszczonych.

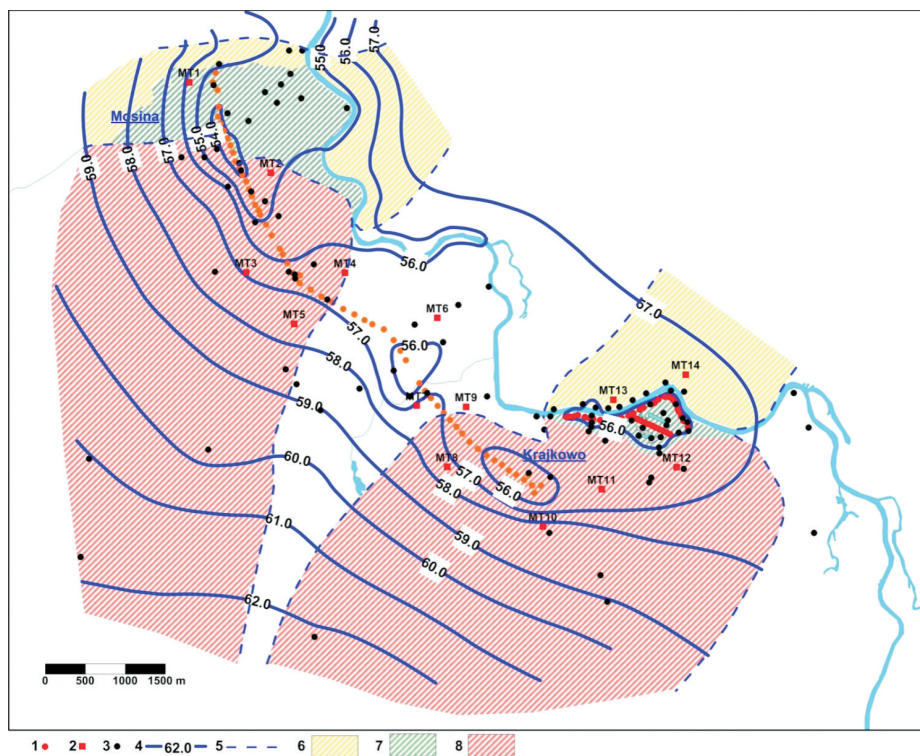
W następnych latach obserwowano ciągłą tendencję pogarszania się jakości wód w zakresie chlorków przy utrzymywaniu się poziomu zanieczyszczenia azotanem amonowym.

Na stan jakości wód ujęcia TNZ zróżnicowany wpływ wywierały wody Warty. Obserwacje z lat 1992 i 1993, kiedy występowały ekstremalnie wysokie stężenia azotanów w wodach Warty, wykazały, że dopływ wód z rzeki do studni na odcinku dawnego lewaru był niewielki, natomiast na pozostałym odcinku zaznaczył się bardzo wyraźnie (Górski i in., 1994). Duże przeobrażenia wystąpiły w studniach położo-



Rys. 6.2.37. Chlorki [mgCl/l] w wodach podziemnych z bariery tarasowej [TNZ] jw.

nych w rejonie kanału Szymanowo–Grzybno, co związane jest z infiltracją wód tego kanału oraz oddziaływaniem terenów zabudowy wsi Sowinki, Baranowo i Baranówko (rys. 6.2.35–6.2.37). Problem wysokiej zawartości siarczanów i twardości wody, a także żelaza i manganu, jaki obecnie obserwuje się na ujęciu zlokalizowanym na tarasie nadzalewowym [TNZ] w oddaleniu od zasilania wodami infiltracyjnymi z Warty, jest głównie efektem procesów utleniania się siarczków i substancji organicznych (Górski i in., 1994). Nasilenie tego zjawiska nastąpiło po zakończeniu głębokiej suszy w latach 1989–1992 w związku z rozwojem w tym okresie głębokiego i rozległego leja depresyjnego. Spowodowało to rozwój procesu utleniania siarczków i substancji organicznych, szczególnie w strefach położonych w dalszej odległości od ujęcia przy odcinku bariery (TNZ4) od strony Krajkowa. Efekty tego procesu zostały zarejestrowane w trakcie zdjęcia hydrochemicznego, wykonanego na ujęciu w 1993 r. W następnych latach wody wzbogacone w siarczany, żelazo i mangan zaczęły stopniowo dopływać do studni. Zjawisko to nasiliło się zwłaszcza w ostatnim dziesięcioleciu w związku z występowaniem wysokich stanów wód gruntowych w 2001 r. i na początku 2002 r., a w szczególności w związku z wyłączeniem z eksploatacji wielu

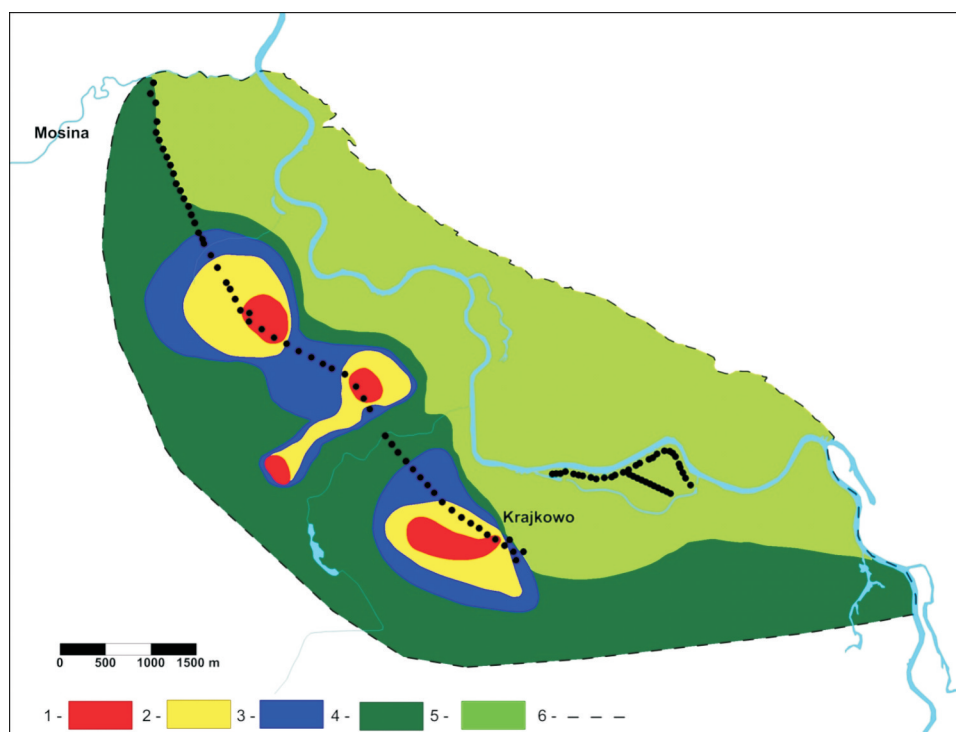


Rys. 6.2.38. Mapa hydroizohips

Objaśnienia: 1 – studnie eksploatacyjne, 2 – otwory obserwacyjne objęte monitoringiem technologicznym, 3 – otwory obserwacyjne objęte monitoringiem osłonowym, 4 – hydroizohipsy według stanu na 3–18 października 2007 r., 5 – granice podstawowych strumieni wód podziemnych, 6 – strumienie wód podziemnych ze zlewni prawobrzeżnej Warty, 7 – strumienie wód infiltrujących z Warty i Kanału Mosińskiego, 8 – strumienie wód podziemnych ze zlewni lewobrzeżnej Warty i Kanału Mosińskiego

studni bariery na tarasie nadzalewowym. Ilustrację w miarę aktualnego stanu hydrodynamicznego i stężeń siarczanów według zdjęcia monitoringowego wykonanego jesienią 2007 r. stanowią mapy na rysunkach 6.2.38 i 6.2.39. Na rysunku 6.2.38 przedstawiono mapę hydroizohips na stan w październiku 2007 r. wraz z ukształtowaniem się podstawowych strumieni napływu wód podziemnych do ujęcia na tarasie nadzalewowym (TNZ) i do ujęcia brzegowego (TZ) przy poborze wody w ilości $Q_e = 74\,420\text{ m}^3/\text{d}$, w tym z dawnego ujęcia lewarowego przy Mosinie $18\,226\text{ m}^3/\text{d}$, z końcówki ujęcia na tarasie nadzalewowym przy Krajkowie – $3981\text{ m}^3/\text{d}$ oraz z ujęcia infiltracyjnego na wyspie krajkowskiej – $52\,323\text{ m}^3/\text{d}$.

Zgodnie z rozkładem poboru wody utrzymują się dwa odrębne płytkie leje depresji: przy Mosinie oraz w rejonie Krajkowa z opisanymi na rysunku 6.2.38 strumieniami zasilania. Pas pomiędzy strumieniami zasilającymi centra eksploatacji (kolor biały) wzdłuż kanału Szymanowo–Grzybno jest strefą rozdziału z wyprowadzeniem wód podziemnych do Warty. Na rysunku 6.2.39 przedstawiono strefowość stężeń siarczanów na obszarze zasobowym ujęcia Mosina–Krajkowo, ukształtowaną w wyniku zatopienia strefy aeracji dawnego regionalnego leja depresji z lat 80.



Rys. 6.2.39. Strefowość stężenia siarczanów na obszarze zasobowym ujęcia Mosina–Krajkowo według stanu w 2007 r.

Objaśnienia: 1 – stężenie powyżej 400 mg/l, 2 – stężenie od 300 do 400 mg/l, 3 – stężenie od 200 do 300 mg/l, 4 – stężenie od 100 do 200 mg/l, 5 – stężenie poniżej 100 mg/l, 6 – granica zdjęcia hydrochemicznego

i 90. ubiegłego wieku (porównanie z rys. 6.2.33, 6.2.34). Najwyższe stężenia siarczanów występują w miejscach okien hydrogeologicznych w dawnych rejonach o największej depresji rejonowej (rys. 6.2.33).

Ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Obliczenia zasobowe przeprowadzone w latach 1962–1963 (Szenic, 1962, Szenic, Pleczyński, 1963) oparte były na częściowo błędnych przesłankach: zasoby dynamiczne zostały znacznie zawyżone poprzez przyjęcie do obliczeń powierzchni zlewni hydrograficznej, a nie powierzchni zlewni podziemnej przyszłego ujęcia oraz poprzez zawyżenie wskaźnika infiltracji efektywnej (50% rocznej sumy opadów). Zasoby eksploatacyjne wyliczono analitycznie za pomocą wzorów wykorzystujących współczynniki współdziałania studni, ale ich wielkości ustalono z pompowań grupowych (po dwie studnie w zespole), przyjmując w efekcie bardzo niski stopień współdziałania studni w barierach ujęcia lewarowego w przedziale od 5% do 15%. Nie uwzględniono infiltracji wód powierzchniowych jako składnika zasilania ujęcia.

W dokumentacji z 1976 r. (Przybyłek i in., 1976) przedstawiono bilanse zasobowe w oparciu o badania modelowe, analizę procesów filtracji nieustalonej z przebiegu eksploatacji ujęcia I etapu oraz z pompowań hydrowęzłowych, a także ocenę progностyczną kolmatacji koryta Warty i innych cieków w warunkach infiltracji brzegowej. Podane prognozy zostały spełnione, lecz w odniesieniu do przyjętych średnich niskich stanów wód. Natomiast rzeczywistość lat 90. ubiegłego wieku przyniosła niespotykanych rozmiarów suszę we wszystkich możliwych postaciach i w tych warunkach zostały przekroczone dopuszczalne depresje rejonowe w barierach studni. W efekcie po ustąpieniu suszy nadmiernie rozwinięta strefa aeracji w rozbudowanym leju depresji uległa znacznemu zatopieniu, które jeszcze zostało zwiększone poprzez wyłączanie z eksploatacji studni z pogarszającą się jakością wody. Wody zmagazynowane w leju depresji uległy znacznym przeobrażeniom fizyczno-chemicznym opisanym już uprzednio. Bariera studni na tarasie nadzalewowym pomiędzy Mosiną i Krajkowem [TNZ] w ostatnim 20-leciu pracowała w bardzo zmiennych warunkach przyrodniczych (susza, lata mokre) i eksploatacyjnych. Pobór w latach suchych 1989–1992 osiągał 84 000 m³/d, zaś w latach mokrych 2001–2002 zaledwie 25 000 m³/d. Na skutek tych przeciwstawnych warunków dużym wahaniom podlegało dynamiczne zwierciadło wody (depresja rejonowa) w przedziale rzędnych od 45 m n.p.m. do 57 m n.p.m. (rys. 6.2.34). Przy tak przebiegającej zmienności hydrodynamicznej nastąpiły zasadnicze zmiany w strumieniach zasilania podziemnego oraz zostały zdecydowanie zachwiane proporcje pomiędzy dopływem wody ze zlewni podziemnej, infiltracją z Warty oraz ilością wód związanych z zasobami wzbudzonymi w efekcie magazynującej roli leja depresyjnego w stosunku do wód powodziowych gromadzących się w dolinie zalewowej Warty i kanału Szymanowo–Grzybno w czasie długotrwałych wezbrań.

Drastyczne zmniejszenie poboru wody w ostatnich latach spotęgowało efekt zatopienia uprzednio bardzo rozwiniętej strefy aeracji na obszarze kilkudziesięciu kilometrów kwadratowych, co zwiększyło w znacznym stopniu udział produktów

przemian hydrogeochemicznych w procesie mineralizacji wody podziemnej napływającej do studni przy jednoczesnym zaniku procesu infiltracji wód powierzchniowych o niskiej mineralizacji z koryta rzeki Warty.

Przemienność stanów dynamicznego zwierciadła wody podziemnej, dyktująca układ strumieni w siatce hydrodynamicznej ich dopływu do ujęcia, stała się głównym mechanizmem podaży wody o pogorszonej jakości do studni ujęciowych.

Dotychczasowa analiza przebiegu eksploatacji omawianej bariery wskazuje na możliwość powtarzalności opisywanych zjawisk w związku z ostatnio spotęgowaną przemiennością długotrwałych susz z okresami bardzo mokrymi.

W tych warunkach kierunkowym rozwiązaniem powinno być dążenie do stabilizacji warunków hydrodynamicznych w rejonie omawianej bariery studni na drodze sztucznego zasilania górnej warstwy wodonośnej wodą z rzeki Warty poprzez baseny infiltracyjne pobudowane wzdłuż biegu bariery.

Ujęcie na tarasie zalewowym Warty w Krajkowie [ujęcie brzegowe – TZ] pracuje obecnie we w miarę ustabilizowanych warunkach hydrogeochemicznych wynikających z bliskości rzeki Warty. Dotyczy to również eksploatowanego od listopada 2004 r. ujęcia infiltracyjnego na wyspie krajowskiej zasilanego ze stawów infiltracyjnych. Stężenia siarczanów we wszystkich studniach na tym ujęciu nie przekraczają 100 mg SO_4/l , a twardości ogólnej osiągają wielkości około 5 mval/l.

Literatura

- Dąbrowski S. i in., 1994. Dokumentacja badań modelowych strefy zasobowej ujęcia mosińskiego. Kompleksowa dokumentacja hydrogeologiczna. T. IV. PROXIMA S.A.
- Górski J. i in., 1994. Ocena warunków hydrogeochemicznych w obszarze zasilania ujęcia mosińskiego w latach 1991–1993. UAM. Kompleksowa dokumentacja hydrogeologiczna. T. VI. PROXIMA S.A.
- Górski J., Przybyłek J., 1992. Procesy kolmatacji osadów w dnie Warty wzdłuż infiltracyjnych ujęć wody dla Poznania. Mat. XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Zaopatrzenie miast i wsi w wodę”, NOT, Poznań, s. 242–249.
- Górski J., Przybyłek J., 1994. Mikrozanieczyszczenia w wodach powierzchniowych i podziemnych w strefach ochronnych ujęcia mosińskiego. Mat. I Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Municipal and rural water supply and water quality”. PZITS, Poznań, s. 243–262.
- Górski J., Przybyłek J., 1994a. Raport o stanie zanieczyszczenia wód podziemnych w obszarach zasilania istniejących i projektowanych ujęć Poznańskiego Systemu Wodociągowego w dolinie Warty. Zakł. Hydrogeol. UAM, s. 37, rys. 10, tab. 6, zał. 3.
- Górski J., Przybyłek J., 1997. Wpływ suszy w latach 1989–1992 na warunki eksploatacji infiltracyjnych ujęć wody w dolinie Warty. Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. VIII. Poznań–Kiekrz. Wyd. WIND Wrocław, s. 1–8.
- Górski J., Przybyłek J., 1998. Wpływ czynników klimatycznych na warunki eksploatacji i jakość wód ujęć infiltracyjnych. Mat. III Międzynarodowej Konferencji „Municipal and rural water supply and water quality”. PZITS, Poznań, s. 91–109.
- Górski J., Przybyłek J., Kasztelan D., 2011. Problemy zagospodarowania i ochrony terenów wodonośnych o szczególnym znaczeniu dla zaopatrzenia w wodę na przykładzie ujęcia Mosina–Krajkowo. Biuletyn PIG 445: 127–138.
- Krygowski B., 1975. Warunki geomorfologiczne. [W:] M. Żurawski (red.), Zaplecze wodne Poznania. Z. 3. UAM, Poznań.

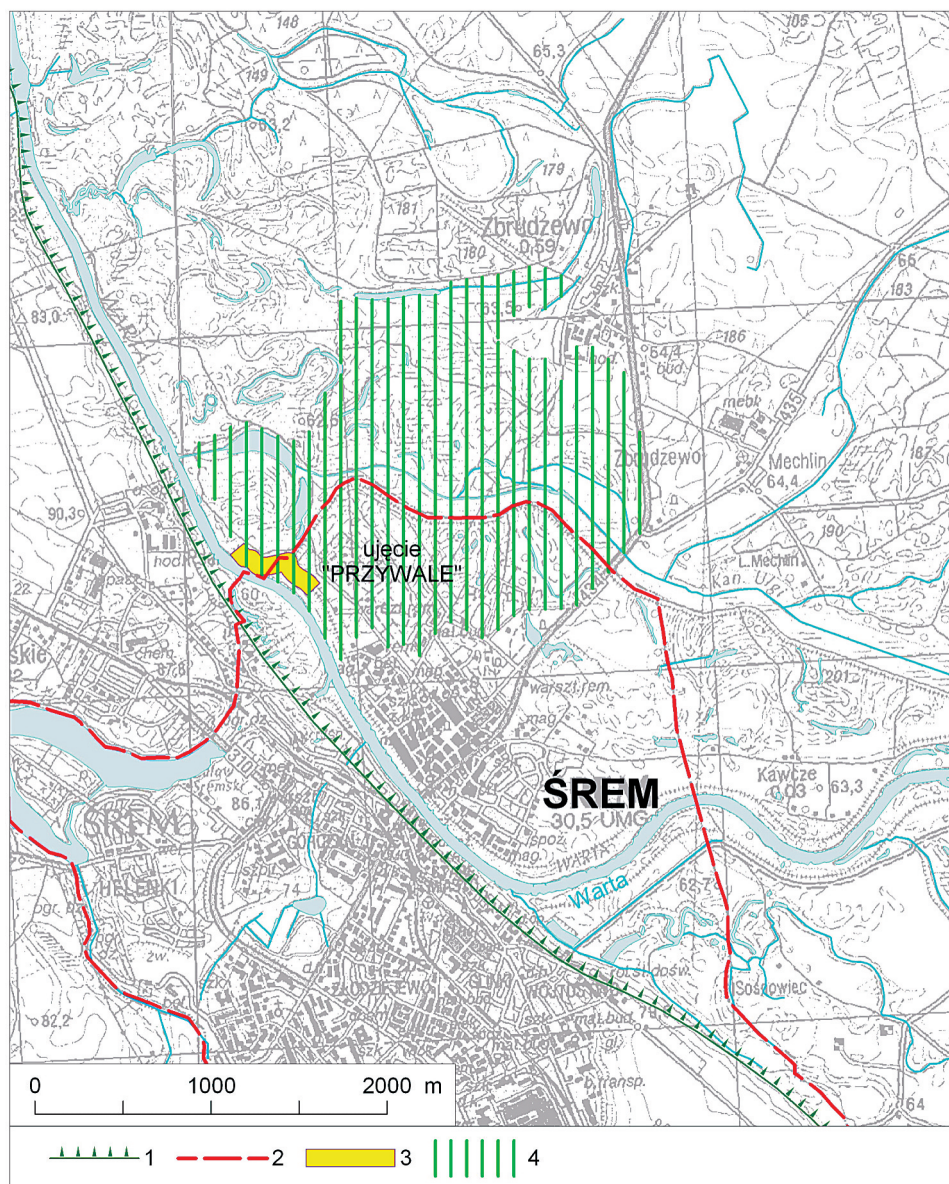
- Przedwojski B., Przybyłek J., Rembeza L., 1993. Wpływ zbiornika Jeziorsko na stosunki wodne w dolinie Warty. Zeszyty Nauk. Akad. Rolniczej we Wrocławiu, 238, Inżynieria Środowiska, cz. IV, s. 181–196.
- Przybyłek J., Szenic J., Matuszak W., 1976. Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. B ujęć wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla m. Poznania w dolinie Warty w rejonie Mosina–Krajkowo–Radzewice. Kombinat Geologiczny Zachód, Poznań–Wrocław.
- Przybyłek J. i in., 1994. Dokumentacja hydrogeologiczna w zakresie bilansu wód podziemnych piętra czwartorzędowego i podstaw gospodarki wodnej w strefie zasobowej ujęcia mosińskiego dla m. Poznania. T. I. Synteza badawcza. PG PROXIMA SA, Wrocław.
- Przybyłek J., 2000. Wpływ stanów hydrologicznych i temperatury na warunki eksploatacji infiltracyjnych ujęć wody w dolinie rzeki Warty. Mat. Sem. „Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych”. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań, s. 267–278.
- Przybyłek J. i in., 2007. Raport o warunkach przyrodniczych i technologicznych funkcjonowania ujęcia wody Mosina–Krajkowo dla zaopatrzenia w wodę aglomeracji poznańskiej. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Stachnowicz W. (red.), 2009. Inwentaryzacja przyrodnicza w zakresie wybranych siedlisk i gatunków roślin części Specjalnego Obszaru Ochrony Siedlisk Natura 2000 „Rogalińska Dolina Warty” (PLH 300012). Opracowanie dla AQUANET S.A., Poznań.
- Szenic J., 1962. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w kat. „B” z utworów czwartorzędowych w rejonie Mosiny dla ujęcia wodociągowego miasta Poznania. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne, Poznań.
- Szenic J., Pleczyński J., 1963. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wody w kat. B z utworów czwartorzędowych w rejonie Mosiny wraz z projektem badań hydrogeologicznych I etapu budowy wodociągu dla m. Poznania w Mosinie. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne, Poznań.
- Thiem G., 1943. Bericht über die hydrologischen Untersuchungen südlich von Mosina zum Nachweis von Grundwasser für Versorgung der Gauhauptstadt Poznań. Leipzig.
- Tomaszewski E., 1967. Geomorfologia i geneza doliny Obry. UAM. Prace WBiNoZ, seria Geografia nr 3.

6.2.5. Ujęcie Przywale dla Śremu

Maria Trzeciakowska, Stanisław Dąbrowski

Wstęp

Ujęcie komunalne miasta Śremu Przywale podlega organizacyjnie Przedsiębiorstwu Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., które jest własnością gminy Śrem. Ujęcie to położone jest przy północnej granicy miasta Śremu, na prawym brzegu rzeki Warty (rys. 6.2.40). Pod względem administracyjnym jest zlokalizowane na gruntach miasta i gminy Śrem, powiat śremski, województwo wielkopolskie. Studnie ujmują warstwę wodonośną poziomu gruntowego w utworach czwartorzędowych Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej stanowiącej GZWP nr 150. Zasoby eksploatacyjne ujęcia zostały ustalone w ilości $Q = 577 \text{ m}^3/\text{h}$, przy $s = 3,7 \text{ m}$ i zatwierdzone decyzją prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 11 czerwca 1966 r. nr KDH/013/ 2072/W/66.



Rys. 6.2.40 Położenie ujęcia Przywale

Objaśnienia: 1 – granica Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej, 2 – granica miasta Śremu, 3 – ujęcie Przywale, 4 – teren strefy ochronnej ujęcia

Lokalizacja ujęcia i informacje podstawowe

Według podziału fizycznogeograficznego (Kondracki, 2000) teren ujęcia wraz z obszarem zasilania znajduje się na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim, w mezoregionie 315.64 Kotlina Śremska Pradoliny Warciańsko-Odrzańskiej, pod względem podziału geologicznego w monoklinie przedsudeckiej (Pożaryski, 1965), a hydrogeologicznie w regionie wielkopolskim Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (Paczyński, red., 1995).

Lokalizację ujęcia określają współrzędne geograficzne:

17°00'15"E – 17°00'37"E,

52°06'09"N – 52°06'17"N.

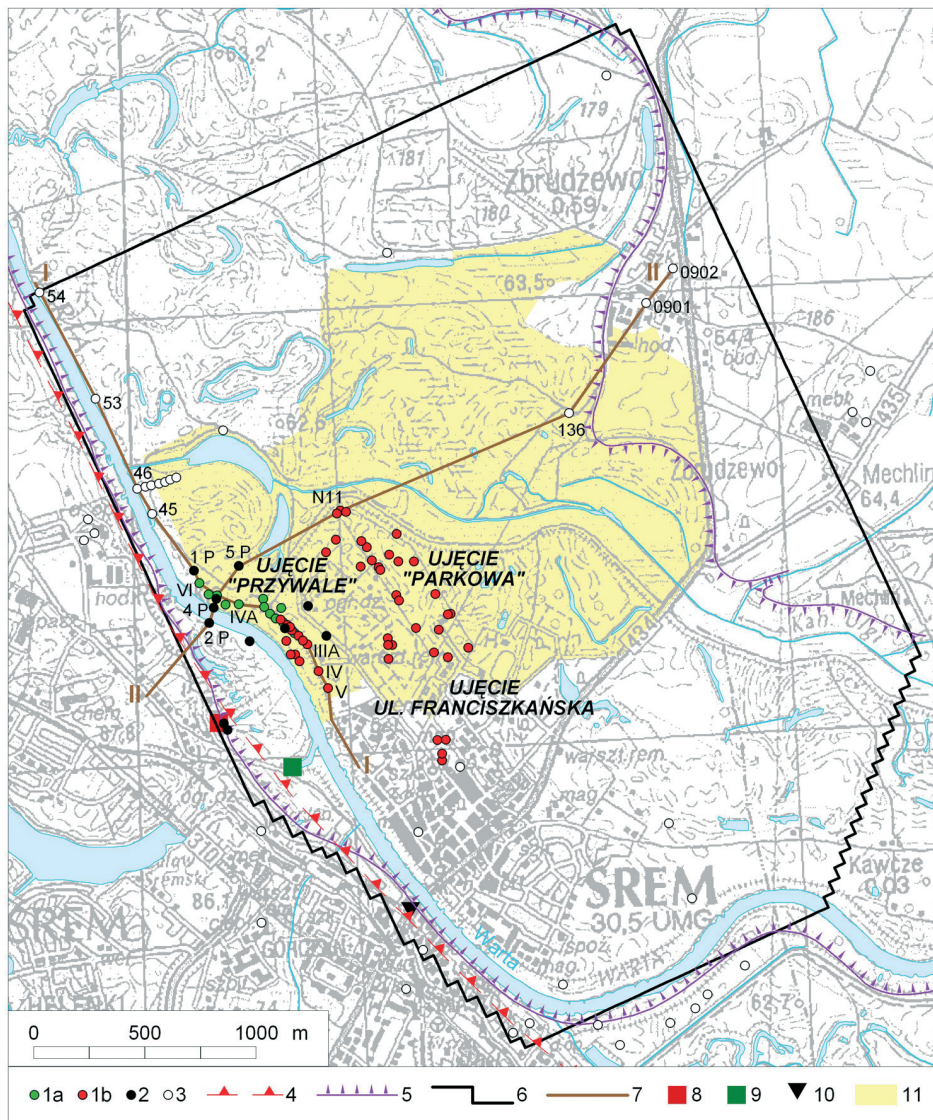
Ujęcie znajduje się w obniżeniu doliny Warty, rozwinięte w formie bariery brzegowej długości 800 m wzdłuż Warty, w odległości 55–100 m od jej prawego brzegu (rys. 6.2.41). Część południowa bariery leży przed wałem przeciwpowodziowym, zaś północna przy kanale ulgi za wałem przeciwpowodziowym.

Problematyka eksploatacyjna i badawcza

Ujęcie Przywale dla miasta Śreму, z uwagi na jego lokalizację i pobór wody z poziomu gruntowego, narażone jest na dużą zmienność jakości wody, na co ma wpływ wiele czynników. Przede wszystkim niekorzystne są warunki hydrogeochemiczne ujętej warstwy wodonośnej w związku z występowaniem w jej górnej części utworów aluwialnych z zawartością substancji organicznych. W tych warunkach wody ujmowane w obrębie tarasu zalewowego cechują się występowaniem bardzo wysokich stężeń żelaza przekraczających 20 mg Fe/l, manganu 3–5 mg Mn/l i azotu amonowego. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym uruchamianiu żelaza i manganu w tak dużych ilościach w warstwie wodonośnej są wahania poziomu wody wywołane eksploatacją i stanami Warty, jak również zmiennymi warunkami hydrologicznymi w wieloleciu (lata suche, mokre). Prócz tego istotna jest jakość wód powierzchniowych, które odgrywają dużą rolę w bilansie zasilania ujęcia zlokalizowanego na tarasie zalewowym. W przypadku ujęcia Przywale zasilanie wód z rzeki Warty, kanału ulgi i starorzeczy stanowi około 50% zasobów ujęcia, co powoduje dwukrotne zmniejszenie związków żelaza i manganu niż obserwowano na wcześniej eksploatowanych ujęciach przy ul. Franciszkańskiej i Parkowej zasilanych w obrębie tarasów bez udziału wód powierzchniowych.

Historia rozpoznania hydrogeologicznego rejonu ujęcia

Na terenie doliny Warty w Śreмі istnieją korzystne warunki hydrogeologiczne do budowy dużych ujęć wód podziemnych. Jest to strefa występowania głównego zbiornika wód podziemnych GZWP nr 150 – Pradolina Warszawsko-Berlińska. Już w 1908 r. przeprowadzone zostały tu badania w celu zaprojektowania i wybudowania ujęcia wody dla miasta Śreму, przy ul. Franciszkańskiej, eksploatowanego do 1946 r. systemem lewarowym, później studniami głębinowymi. Dalsze prace kontynuowane po II wojnie światowej związane były z odtworzeniem zużytych studni w wyniku kolmatacji oraz rozbudową ujęcia. W pierwszej dokumentacji ujęcia przy ul. Franciszkańskiej w 1964 r. udokumentowano zasoby eksplo-



Rys. 6.2.41. Mapa dokumentacyjna rejonu ujęcia Przywale w Śremie

Objaśnienia: 1 – studnie ujęcia Śremu; 1a – czynne, 1b – zlikwidowane; 2 – piezometry ujęcia Śremu; 3 – inne otwory hydrogeologiczne; 4 – granica Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej; 5 – zasięg tarasu niskiego doliny Warty; 6 – granica badań modelowych; 7 – linie przekrojów hydrogeologicznych; 8 – oczyszczalnia ścieków; 9 – pompownia; 10 – wodowskaz IMGW; 11 – teren ochrony ujęcia

atacyjne w ilości 225 m³/h, przy depresji od 0,53 do 4,0 m, w tym w kategorii A w ilości 62,0 m³/h, przy depresji od 0,57 do 1,52 m (decyzja KDH z dnia 26 listopada 1964 r.). Dla zabezpieczenia perspektywicznego zapotrzebowania na wodę dla miasta Śremu zostały zaprojektowane w 1965 r. prace badawcze na północ od

istniejącego ujęcia w celu jego rozbudowy. Wykonane wiercenia 4 otworów badawczych i jednego badawczo-eksploatacyjnego w rejonie ul. Parkowej potwierdziły kontynuację warunków hydrogeologicznych na tym obszarze. W wyniku przeprowadzonych badań hydrogeologicznych i obliczeń analitycznych w dokumentacji hydrogeologicznej (Karpa, 1966) przedstawiono zmianę zasobów eksploatacyjnych ujęcia dla miasta Śremu z 1964 r. w kategorii B z 225 m³/h na 577 m³/h. W oparciu o rozpoznanie warunków hydrogeologicznych istniejącego ujęcia Franciszkańska i wyniki udokumentowania powstającego ujęcia Parkowa zostały zatwierdzone zasoby eksploatacyjne w ilości 577 m³/h, przy depresji 3,7 m dla całego ujęcia, decyzją prezesa CUG z dnia 11 czerwca 1966 r. nr KDH/013/2072/w/66. Ujęcie Parkowa zostało wyłączone z eksploatacji w 1990r. ze względu na pogarszającą się jakość wody. W 1975 r., na zachód od ujęcia Parkowa wykonano pierwszych 5 studni ujęcia brzegowego nad Wartą, w ramach ustalonych uprzednio zasobów dla ujęcia Przywale, które w 1979 r. włączono do eksploatacji. Obecna lokalizacja studni ujęcia Przywale, sukcesywnie lokalizowanych wzdłuż rzeki Warty w kierunku północnym, zdecydowanie odbiega od pierwotnego położenia ujęć z okresu zatwierdzania zasobów (1966 r.).

Zasoby ujęcia Przywale, zostały potwierdzone w dokumentacji hydrogeologicznej z 1991 r. dla Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej rejonu Wiórek-Radzewice-Śrem, przy zastosowaniu badań modelowych (Szenic i in., 1991). W dokumentacji dotyczącej rejonu Radzewice-Śrem, w części II – rejon Śrem-Północ, opracowane zostało ujęcie Przywale. Dla tego rejonu zatwierdzono zasoby w kategorii C z utworów czwartorzędowych w ilości $Q=2260$ m³/h (78% infiltracji z rzeki), przy depresji $s_r = 0,7-4,4$ m, decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 10 września 1992 r. nr KDH/013/5633/92 dla linii ujęcia brzegowego o długości 2,7 km i obszaru zasobowego o powierzchni 9,6 km². Dla zlokalizowanego na tym terenie ujęcia dla miasta Śremu, ul. Parkowa-Przywale, zatwierdzono zasoby w kategorii B w ilości $Q = 577,0$ m³/h, przy $s_e = 3,7$ m, powołując się na decyzję z 1966 r.

Ujęcie Przywale znajduje się na odcinku Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej od Bonikowa na zachodzie po Śrem na wschodzie, o udokumentowanych i zatwierdzonych zasobach dyspozycyjnych w ramach Regionu Poznańskiego Dorzecza Warty (Dąbrowski i in., 1999). Zasoby te dla wód podziemnych z utworów czwartorzędowych tego zbiornika wynoszą 12 149 m³/h (w tym 7800 m³/h z infiltracji brzegowej) – decyzja Ministra Środowiska z dnia 8 października 2001 r. nr DG/ kdh/ED/489 – 6347/2001. Struktura ta została podzielona na 3 odcinki bilansowe. Odcinek wschodni Radzewice-Śrem o powierzchni 62,0 km², gdzie zlokalizowane jest omawiane ujęcie, ma zasoby dyspozycyjne w ilości $Q = 6120$ m³/h. W tych zasobach mieszczą się zasoby eksploatacyjne ujęcia Przywale w ilości 577 m³/h.

Opis ujęcia i poboru wody

Aktualnie na terenie ujęcia wód podziemnych Przywale znajduje się 13 studni, z których 2 są nieczynne (VA i VI). Lokalizację studni pokazano na rysunkach 6.2.41 i 6.2.42. Ujęcie składa się z dwóch odcinków:

I – 8 studni na terenie ogrodzonej działki wodociągowej przy wale przeciwpowodziowym rzeki Warty (nr IE, IIB, IID, IIE, IIID, IIIE, IX, X),

II – 5 studni poza wałem przeciwpowodziowym (nr IVA, VA, VI, VII, VIII), z których IVA, VA i VI są przewidziane do likwidacji.

Ich parametry techniczno-eksploatacyjne podano w tabeli 6.2.20.

Najwyższy przeciętny pobór wody, powyżej 300 m³/h, występował w latach 1979–1992, osiągając kulminację w 1982 r. w ilości 389 m³/h. Obecnie średni pobór wynosi około 205 m³/h (rys. 6.2.47). Wydajności eksploatacyjne poszczególnych studni zawarte są w przedziale 40–50 m³/h.

Ujęcie wody Przywale ma zatwierdzone zasoby eksploatacyjne w ilości $Q = 577 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji $s = 3,7 \text{ m}$ – decyzja prezesa CUG nr KDH/013/2072/w/66 z dnia 11 czerwca 1966 r. W tym czasie obszar zasobowy ujęcia nie został określony, ponieważ przepisy prawne nie obligowały wtedy do jego ustalenia. W dokumentacji z 1991 r. (Szenic i in., 1991) wyznaczona została granica obszaru zasobowego dokumentowanych ujęć w kategorii C rejonu Trzykolne Młyny–Nieślabin–Śrem-Północ (w tym ujęcia Parkowa i Przywale w Śremie). Obszar zasilania ujęcia i zasobowy zostały określone w dokumentacji w 2005 r. dla wyznaczenia strefy ochronnej ujęcia (Dąbrowski i in., 2005). Wykonano symulację modelową dla zatwierdzonych zasobów $Q = 577 \text{ m}^3/\text{h}$, w wyniku której określono główne składniki zasilania ujęcia oraz uwzględniając istniejące zagospodarowanie wód podziemnych na obszarze zasilania, wyznaczono obszar zasobowy o powierzchni 4,29 km².

Ujęcie to nigdy nie osiągnęło wydajności zasobów eksploatacyjnych. Perspektywiczne zapotrzebowanie na wodę, określone przez PWiK Sp. z o.o. w Śremie, wynosi

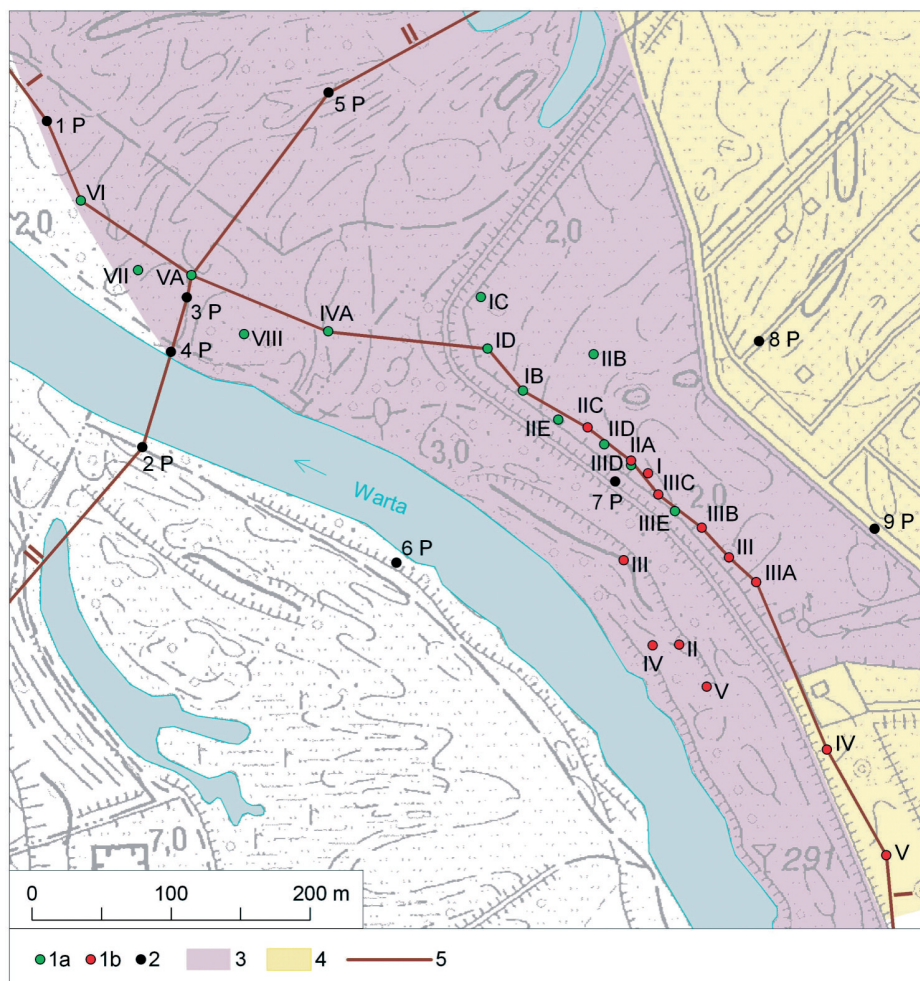
Tabela 6.2.20. Zestawienie studni na terenie ujęcia Przywale w Śremie

Lp.	Numer studni	Rok wykonania	Głębokość studni	Średnica rur osłonowych	Średnica filtra	Długość filtra	Próbné pompowanie		
							wydajność $Q_{\max}$	depresja S	wydatek jednostkowy q
			[m]	[mm]	[mm]	[m]	[m ³ /h]	[m]	[m ³ /h/m]
1	IE	2007	27,0	508	315	7,5	60,00	1,50	40,00
2	IIB	1991	24,0	324	200	11,6	110,00	1,98	55,55
3	IID	2003	28,3	508	315	8,0	95,75	1,60	59,84
4	IIE	2003	29,0	508	315	9,0	94,70	1,70	55,71
5	IIID	2003	27,5	508	315	8,0	97,85	1,60	61,16
6	IIIE	2003	26,0	508	315	7,0	95,60	2,18	43,85
7*	IVA	1993	30,0	457	315	6,5	145,00	2,40	60,42
8*	VA	1993	28,0	457	315	10,3	126,00	3,70	34,05
9*	VI	1994	26,5	508	315	10,5	118,70	4,65	25,52
10	VII	2005	30,0	508	315	7,0	63,00	1,60	39,38
11	VIII	2004	27,0	508	315	8,0	73,70	1,20	61,42
12	X	2007	27,0	508	315	8,0	60,00	0,9	66,67
13	IX	2007	29,5	508	315	8,0	60,00	1,25	48,00

*studnie przewidziane do likwidacji

430 m³/h i stanowi 75% zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Taka jest też przepustowość urządzeń uzdatniających wodę w stacji wodociągowej i dla takiego wydatku określono strefę ochronną ujęcia (rys. 6.2.41, 6.2.42) (Rozporządzenie Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Poznaniu z dnia 5 lutego 2007 r. w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody podziemnej Przywale dla miasta Śremu). Strefa ochronna obejmuje: teren ochrony bezpośredniej o powierzchni 50,18 ha oraz teren ochrony pośredniej o powierzchni 356,0 ha (rys. 6.2.40–6.2.42).

Ujęcie Przywale objęte jest od 1977 r. monitoringiem lokalnym, w którego zakresie jest badanie jakości wody, pomiary stanów wód w studniach i otworach monitoringu lokalnego. Lokalny monitoring wód podziemnych stanowi 9 otworów



Rys. 6.2.42. Mapa dokumentacyjna ujęcia Przywale w Śremie

Objaśnienia: 1 – studnie ujęcia Śremu: 1a – czynne, 1b – zlikwidowane; 2 – piezometry ujęcia Śremu; 3 – teren ochrony bezpośredniej ujęcia; 4 – teren ochrony pośredniej ujęcia; 5 – linie przekrojów hydrogeologicznych

obserwacyjno-badawczych 1P–9P (rys. 6.2.41, 6.2.42) i jest prowadzony aktualnie zgodnie z decyzją wojewody wielkopolskiego nr OS-IV-2/75207/1/99 z dnia 27 października 1999 r. Uznaje się, że jest on wystarczający dla tego ujęcia i nie wymaga rozbudowy.

Pozwolenie wodnoprawne z datą ważności do 10 października 2025 r. wydał wojewoda wielkopolski decyzją nr SR.II–6.6811–58/05, z dnia 6 października 2005 r., na pobór wód podziemnych w ilości $Q_{h \max} = 430 \text{ m}^3/\text{h}$.

Uwarunkowania hydrologiczne

Ujęcie wody położone jest nad rzeką Wartą na odcinku od km 290 + 840 do km 290 + 145 jej biegu. Wodowskaz IMGW na Warcie w Śremie, założony w km 291,83 biegu rzeki, zamyka zlewnię o powierzchni 22 295 km². Ważnym obiektem hydrotechnicznym w sąsiedztwie ujęcia komunalnego jest pompownia Śrem, zlokalizowana w niewielkiej odległości poniżej wodowskazu IMGW, w km 291+240 biegu Warty. Woda czerpana z Warty wykorzystywana jest do nawodnień terenów rolniczych położonych na pobliskiej wysoczyźnie morenowej. Miasto Śrem chronione jest wałem przeciwpowodziowym. W odprowadzaniu wody w stanach wysokich, powodziowych dużą rolę odgrywa kanał ulgi przejmujący znaczną część przepływu wezbraniowego w stosunku do głównego koryta Warty.

W tabeli 6.2.21 zestawiono stany i przepływy charakterystyczne w profilu Śrem (km 291,83) na podstawie Przedwojskiego (1994) z lat 1948–1991 (Dąbrowski, Przybyłek, 2008).

Stany ekstremalne pomierzone na Warcie w Śremie to:

- NNW – 110 cm, co odpowiada rzędnej 59,07 m n.p.m. (10.12.1959),
- NWW – 609 cm, co odpowiada rzędnej 64,06 m n.p.m. (1.04.1924).

W czasie kulminacji fali powodziowej na przełomie lipca–sierpnia 1997 r. najwyższy poziom w Śremie osiągnął wysokość $H = 514 \text{ cm}$ (63,03 m n.p.m.). Odpowiadający temu stanowi przepływ kulminacyjny wyniósł $Q = 440 \text{ m}^3/\text{s}$. Na kształtowanie się stanów w rzece Warcie w okresach niżówek wpływa zbiornik retencyjny Jeziorsko z zaporą czołową w km 783,4 biegu Warty, o pojemności całkowitej 202,8 mln m³ i użytkowej 172,6 mln m³. Szerokość rzeki Warty przy stanach średnich wynosi od 57 do 67 m, a przy stanach średnich niskich od 50 do 62 m.

Obserwowany w latach 1997–1998 zakres zmian temperatury wody rzecznej w ciągu roku osiągnął 24°C (od 0° do 24°C). Przedział zmian temperatury wód gruntowych w zbiorniku pradolinny w tym okresie wyniósł od 9 do 11°C. Powyższe jest istotne, gdyż temperatura wody rzecznej decyduje o prędkości jej infiltracji do utworów wodonośnych.

Tabela 6.2.21. Stany i przepływy charakterystyczne Warty w Śremie

Wielkość charakterystyczna	Rzędne zw. wody [m n.p.m.]	Przepływ [m ³ /s]
Stan średni niski	59,79	34
Stan średni roczny	60,75	82
Stan wody brzegowej	62,38	200
Stan wody miarodajnej ($p = 1\%$)	63,79	1270

Warunki hydrogeologiczne

W obrębie osadów pradoliny występuje poziom wód gruntowych w postaci jednej warstwy wodonośnej, zróżnicowanej pod względem granulacji osadów i miąższości (rys. 6.2.43). Miąższość osadów zdeterminowana jest rzeźbą podłoża warstwy wodonośnej o deniwelacjach sięgających ponad 10 m, od 36–39 m n.p.m. wzdłuż bariery studni ujęcia Przywale do 50–55 m n.p.m. w kierunku Zbrudzewa. Stąd w rejonie studni wzdłuż Warty miąższość osadów wodonośnych wynosi od 20 do 24 m, w rejonie nieczynnego ujęcia Parkowa zawiera się w przedziale od 10 do 13 m, a w dalszej odległości od Warty, w obrębie wyniesień w podłożu, miąższość osadów wodonośnych spada do zaledwie 5–8 m.

Wykształcenie osadów i uziarnienie wykazują, że warstwa wodonośna jest dwudzielna. Górną część osadów (w obrębie tarasu zalewowego) stanowią osady holocenyckie o miąższości do 10 m, wykształcone jako utwory fluwialne, głównie w postaci piasków drobnoziarnistych, niekiedy mulastych z domieszką materii organicznej i niskiej zawartości węglanów. Poza tarasem zalewowym górną część osadów budują przede wszystkim piaski drobnoziarniste i lokalnie średnioziarniste. Dolna część osadów wodonośnych zbudowana jest z osadów rzecznych i wodnolodowcowych z przewagą piasków gruboziarnistych i żwirów. Utwory te cechuje wysoka zawartość węglanów i brak materii organicznej.

Występujące na głębokości 7–10 m przewarstwienia w postaci mułków i piasków pylastych w rejonie północnym ujęcia Przywale mogą „ekranować” dolną część warstwy wodonośnej od bezpośredniej infiltracji wody z koryta rzeki Warty i wydłużać drogę tej infiltracji.

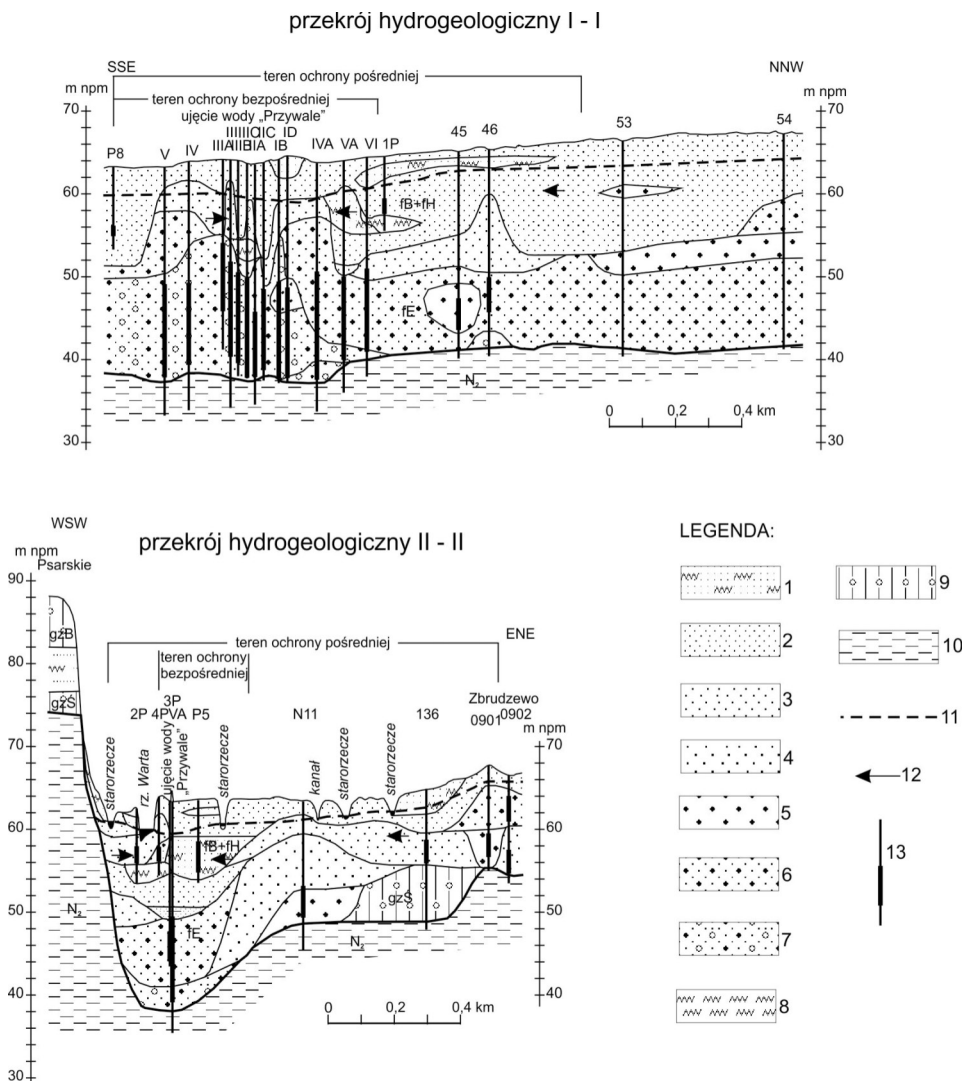
Współczynnik filtracji. Jego wielkości uzyskane na podstawie wyników próbnych pompowań ze studni ujmujących utwory wodonośne filtrami zabudowanymi w dolnej części warstwy są zróżnicowane w przedziale od 0,44 do 5,7 m/h ($1,2 \times 10^{-4}$ – $1,5 \times 10^{-3}$ m/s). Na nieczynnym ujęciu Parkowa uzyskane wartości mieszczą się w przedziale od 0,4 do 1,6 m/h ($1,1 \times 10^{-4}$ – $4,4 \times 10^{-4}$ m/s), a na ujęciu Przywale od 1,3 do 5,7 m/h ($3,6 \times 10^{-4}$ – $1,5 \times 10^{-3}$ m/s). Zróżnicowanie wielkości współczynnika filtracji zależy od granulacji ujętej warstwy wodonośnej.

Przewodność warstwy wodonośnej jest również zróżnicowana, bowiem dla rejonu ujęcia Parkowa parametr ten wynosi od 7 do 21 m²/h (średnia z 10 studni: $T = 14,3$ m²/h), a dla rejonu ujęcia Przywale od 30 do 134 m²/h (średnia z 13 studni: $T = 65,9$ m²/h).

Wydatek jednostkowy studni ujęcia Przywale waha się w przedziale 26–85 m³/h/m i maleje w kierunku SE do 3–20 m³/h/m.

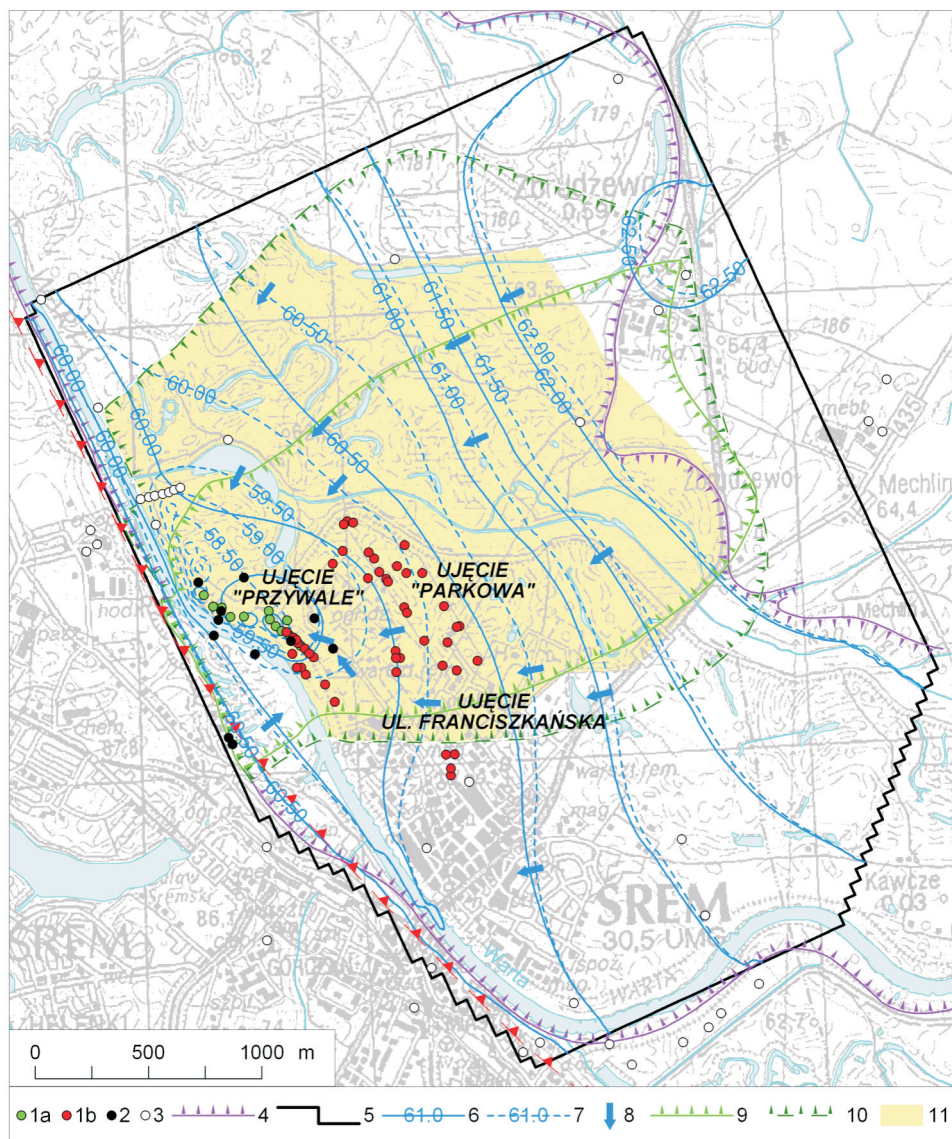
W obrębie zbiornika pradolinowego w warunkach naturalnych swobodne zwierciadło wody podziemnej występuje w okresie stanów niskich na głębokości 2,0–2,5 m. W strefie oddziaływania ujęcia zwierciadło wody zalega nieco głębiej (ok. 3–4,5 m) w zależności od natężenia poboru wody i współdziałania zespołu studni. Ponadto stan zwierciadła wody w tym rejonie zależy od stanów rzeki Warty (rys. 6.2.44). W latach 1997–2002 obserwowana amplituda wahań zwierciadła wody z uśrednionych stanów na obszarze ujęcia Przywale dochodziła do 1,2 m, a w latach 1998–2010 wynosiła 2,9 m, z wyjątkiem otworu 7P, położonego w pobliżu eksploatowanej studni – 3,9 m.

Zasilanie wód podziemnych pochodzi z infiltracji wód opadowych i okresowego magazynowania wód wezbraniowych na tarasie zalewowym podczas trwania stanów powodziowych. Przy eksploatacji ujęcia występuje również infiltracja wód rzecznych z koryta Warty do warstwy wodonośnej.



Rys. 6.2.43. Przekroje hydrogeologiczne

1 – piaski pylaste, 2 – piaski drobnoziarniste, 3 – piaski średnioziarniste, 4 – piaski gruboziarniste, 5 – żwiry, 6 – piaski ze żwirem, 7 – piaski ze żwirem i otoczkami, 8 – namuły, 9 – gliny zwałowe, 10 – ły, 11 – zwierciadło wód podziemnych, 12 – kierunki spływu wód podziemnych, 13 – otwory hydrogeologiczne; stratygrafia: czwartorzęd: H – holocen, B – zlodowacenie bałtyckie, E – interglacjał eemski, Ś – zlodowacenie środkowopolskie; neogen: N₂ – miocen górny; facje osadów: f – osady rzeczne, fg – osady lodowcowe, gz – gliny zwałowe



Rys. 6.2.44. Mapa hydroizohips poziomu pradoliny rejonu ujęcia Przywale według stanu z czerwca 2005 – $Q=196 \text{ m}^3/\text{h}$ i prognozy eksploatacji w wielkości zasobów eksploatacyjnych – $Q=577 \text{ m}^3/\text{h}$

Objaśnienia: 1 – studnie ujęcia Śremu: 1a – czynne, 1b – zlikwidowane; 2 – piezometry ujęcia Śremu; 3 – inne otwory hydrogeologiczne; 4 – zasięg tarasu niskiego doliny Warty; 5 – granica badań modelowych; 6 – hydroizohipsy przy eksploatacji $Q=196 \text{ m}^3/\text{h}$; 7 – hydroizohipsy przy eksploatacji $Q=577 \text{ m}^3/\text{h}$; 8 – kierunki spływu wód; 9 – granica obszaru zasilania ujęcia przy $Q=196 \text{ m}^3/\text{h}$; 10 – granica obszaru zasilania ujęcia przy $Q=577 \text{ m}^3/\text{h}$; 11 – obszar zasobowy ujęcia Śremu dla $Q=577 \text{ m}^3/\text{h}$

W ciągu kilkudziesięciu już lat eksploatacji ujęcia komunalnego w Śremie przemieszczeniu uległo centrum poboru wody, począwszy od ujęcia przy ul. Franciszkańskiej w odległości 700 m, poprzez ujęcie Parkowa i ostatecznie ujęcie Przywale położone 55–100 m od koryta rzeki Warty. Stąd strefa zmiany układu krążenia i spadków hydraulicznych obejmowała pas doliny przyległy do koryta Warty. Pozostały obszar pradoliny, za kanałem ulgi, nie był narażony na zmianę warunków krążenia wód.

Jakość wody

Poniżej przedstawiono ogólną charakterystykę jakości wód rejonu ujęcia Przywale według opracowań firmy HYDROKONS (Górski i in., 1999; Górski, Przybyłek, 2000) rozszerzoną o wyniki badań z ostatnich lat oraz z wykonania nowych studni.

Tereny wodonośne w obrębie tarasu zalewowego w dolinie Warty koło Śremu, z których zasilane jest ujęcie Przywale, charakteryzują się niekorzystnymi cechami środowiska hydrogeochemicznego (związki żelaza 11–26 mg Fe/l, manganu 1,0–2,8 mg Mn/l, utlenialność 4,6–12 mg O₂/l). Związane jest to z występowaniem w górnej części warstwy wodonośnej utworów aluwialnych z zawartością substancji organicznych, a także warunków do stagnacji wód, szczególnie w dolnej części warstwy wodonośnej. W tej sytuacji wody ujmowane w obrębie tarasu zalewowego cechują się wysokimi stężeniami żelaza, manganu i azotu amonowego, a także wysoką barwą i utlenialnością.

Eksploatacja wód jest dodatkowym czynnikiem sprzyjającym uruchomieniu żelaza i manganu w procesach utleniania się siarczków i substancji organicznych zachodzących w strefie aeracji oraz górnych partiach warstwy wodonośnej. W wyniku tych procesów powstaje bowiem kwas siarkowy i dwutlenek węgla, które przenikając do głębszych partii warstwy wodonośnej, powodują wzrost rozpuszczalności żelaza i manganu, a także twardości wody. W wodzie pojawiają się również podwyższone ilości siarczanów. Jakość wód podziemnych na ujęciu Przywale w zakresie parametrów związanych z cechami naturalnego środowiska hydrogeochemicznego ulega znacznym wahaniom, przy czym w latach 80. obserwowano generalnie trend polepszania jakości, a od końca 1992 r. następowało pogorszenie. Przyczyną pogorszenia się jakości wody na początku lat 90. było głównie zakończenie głębokiej suszy hydrologicznej, co spowodowało skumulowanie oddziaływania procesów hydrogeochemicznych na jakość ujmowanych wód. Badania hydrochemiczne wykazały, że na jakość wód oprócz uwarunkowań geogenicznych mają wyraźny wpływ: wody Warty i starorzeczy wraz z kanałem ulgi oraz ogniska zanieczyszczeń położone w pobliżu ujęcia, a w szczególności dzikie wysypiska odpadów i ogródki działkowe. Z rejonu dzikiego zrekultywowanego wysypiska odpadów (przy którym było zlokalizowane zlikwidowane ujęcie Parkowa) dopływają do ujęcia wody wzbogacone w ołów i nikiel, a także siarczany i chlorki. Okresowo występują w niektórych studniach wartości tych wskaźników powyżej wielkości dopuszczalnych dla wód do picia. Z terenu ogródków działkowych oraz obszarów zabudowy Śremu dopływają do ujęcia wody wzbogacone w siarczany i chlorki oraz azot amonowy. Zanieczyszczenia te mają również wpływ na podwyższenie stężeń żelaza i manganu. Zlokalizowana na terenie doliny lewobrzeżnej, przy krawędzi wysoczyzny morenowej, miejska oczyszczalnia

ścieków nie zanieczyszcza wód podziemnych, gdyż zanieczyszczenia są drenowane poprzez starorzecze do rzeki Warty. W wyniku infiltracji wód Warty i starorzeczy wody ujmowane na ujęciu wzbogacają się jednak w chlorki i siarczany oraz związki azotu. Związki azotu migrujące z rzeki w formie azotanowej ulegają w większości denitryfikacji w redukcyjnym środowisku warstwy wodonośnej. Wody infiltrujące z Warty mają również najprawdopodobniej wpływ na występowanie okresowo detergentów w niektórych studniach ujęcia.

Aktualny stan jakości na ujęciu Przywale i jej zmiany określa się w oparciu o badania wody mieszanej w zakresie związków Fe i Mn wykonywane przez laboratorium wodociągowe w Śremie. Badania wody mieszanej od 1990 r. w poszczególnych studniach wskazują na względnie stabilną zawartość żelaza i manganu, a zróżnicowanie między studniami, przy czym stężenie manganu cały czas utrzymywało się na podobnym poziomie około 1,6 mg/l.

Analizując jakość wody ze studni ujęcia (rys. 6.2.45), można stwierdzić generalnie małe zróżnicowanie poszczególnych wskaźników w latach 1990–2010, w tym parametrów związanych z oddziaływaniem ognisk zanieczyszczeń.

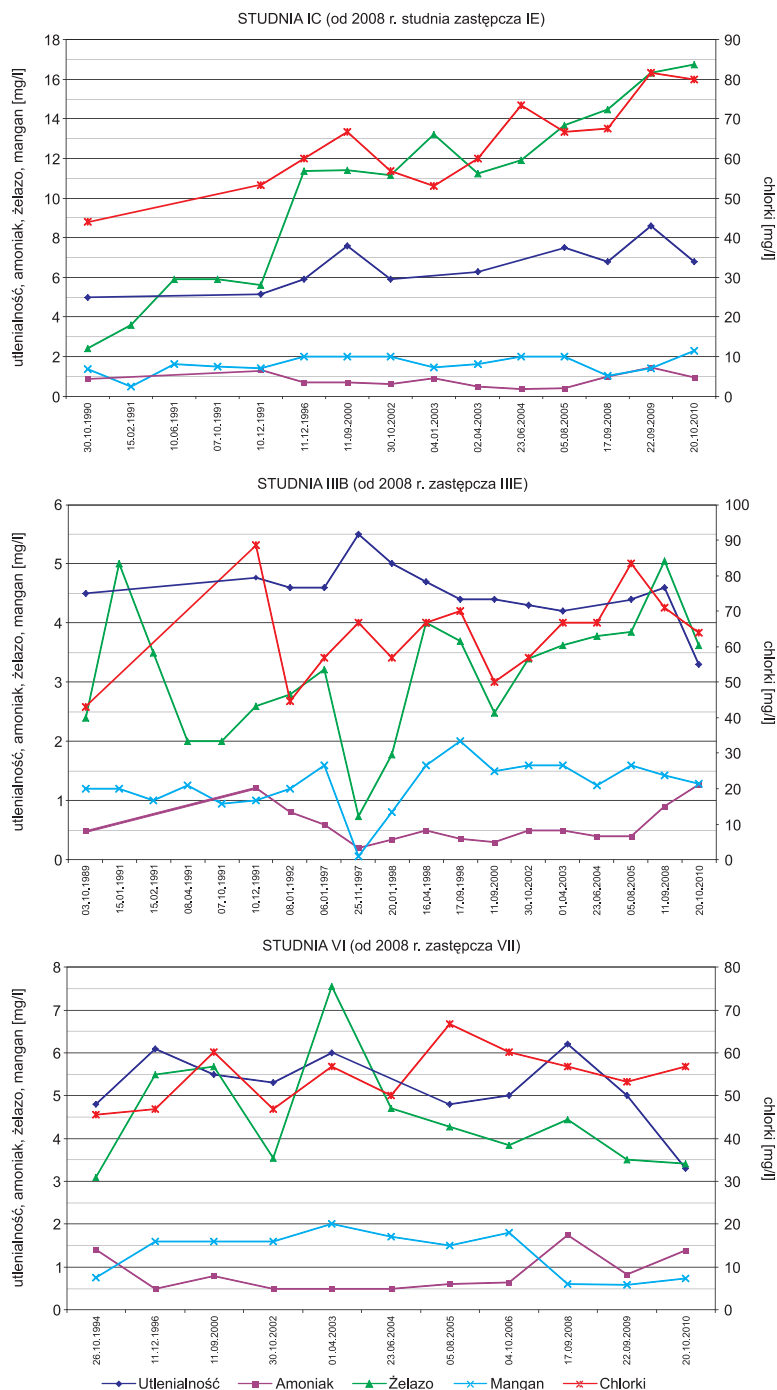
Pod względem zawartości żelaza i manganu zdecydowanie najgorszą jakość wykazywała studnia IC i zastępująca ją od 2008 r. IE (Fe – 11,4–16,7 mg Fe, Mn – 0,5–2,2 mg Mn/l). Wysokie stężenia występowały również w wodach ze studni IIC, IB, IID i VA (Fe – 6–8 mg Fe/l i Mn – 1,6 mg Mn/l). Korzystniejsza jest natomiast jakość wód ze studni IIA, IVA, IIIB, IIIC i VI, gdzie związki żelaza i manganu występują poniżej 5 mg Fe/l i manganu poniżej 1–1,5 mg Mn/l.

Powyższe zróżnicowanie związane jest ze zmiennymi warunkami hydrochemicznymi w górnej części warstwy wodonośnej. Korzystniejsza sytuacja występuje w starej części ujęcia, gdzie środowisko w górnych partiach warstwy wodonośnej jest bardziej utlenione. Wpływ ma również zróżnicowanie zafiltrowania. Studnie, których filtry są położone głębiej, mają lepszą jakość wody.

W zakresie mikrozanieczyszczeń ujmowane wody cechują się nieco podwyższonym stężeniem ołowiu, które w większości studni jest zbliżone, ale nie przekracza normy dla wód do picia. Jedynie w wodach ze studni IIC, ID i IIIB stwierdzono w niewielkim stopniu przekroczenie normy. Podwyższone są również stężenia niklu w wodach z niektórych studni. W wodzie ze studni IIIB i IIIC stężenia niklu przekraczają normę dla wód do picia. Stwierdzono też okresowe zanieczyszczenie detergentami wód ze studni IVA, IB i VA.

Zanieczyszczenie metalami ciężkimi może wynikać głównie z infiltracji z Warty, o czym świadczą podwyższone stężenia w wodach z otworów obserwacyjnych 3P i 7P, a częściowo z wypłukiwania metali z naturalnego środowiska. Zaznacza się wpływ ogródków działkowych i terenów zabudowy. Szczególnie wyraźny jest wpływ dzikiego, zrekultywowanego wysypiska, którego oddziaływanie stwierdzono w otworze obserwacyjnym nr 8P, a widoczne jest w postaci najwyższego stężenia ołowiu (0,062 mg/l) w wodzie ze studni IIC.

Wpływ jakości wody rzeki Warty na jakość wód ujęcia trudno dokładnie określić, niemniej wpływa ona na mniejszą zawartość w wodzie ujęcia związków żelaza i manganu. Według badań WIOŚ Warta powyżej Śremu (Kawcze) wykazuje zasolenie mieszczące się w I klasie czystości. Stężenie azotanów jest zmienne w ciągu



Rys. 6.2.45. Wykres zawartości chlorków, amoniaku, żelaza, manganu i utlenialności w studniach ujęcia Przywale w latach 1994–2010

roku. W okresie wegetacyjnym wynosi 1–2 mg N-NO₃/l, zaś w zimowym do 7 mg N-NO₃/l.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono w 1964 r. na podstawie wyników pompowania zespołowego studni przy ul. Franciszkańskiej. Zostały one określone w ilości 225 m³/h, przy depresji od 0,57 do 4,0 m. Już w latach 1965–1966 rozszerzono badania geologiczne w kierunku północnym od istniejącego ujęcia w celu jego rozbudowy i zwiększenia zasobów eksploatacyjnych. Dla nowego ujęcia Parkowa zasoby eksploatacyjne ustalono na podstawie wyników:

- 1) Wykonanych robót wiertniczych i prac geologicznych związanych z:
 - wierceniem i pompowaniem 5 otworów,
 - pompowaniem zespołowym,
 - obliczeniami hydrogeologicznymi parametrów warstwy wodonośnej i wydatków dopuszczalnych studni – średnio 35 m³/h.
- 2) Obliczeń zasobów dynamicznych metodą Darcy’ego oraz Płotnikowa.
- 3) Ustalenia analogii budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych do istniejącego ujęcia przy ul. Franciszkańskiej, dla którego istnieją zatwierdzone zasoby według wyników eksploatacji ujęcia.
- 4) Obliczenia wielkości wydatku 10 studni ze współdziałaniem dla nowej części ujęcia w wielkości 352 m³/h, przy $s \approx 3,75$ m.

Łącznie z istniejącymi zasobami dla ujęcia Franciszkańska $Q = 225$ m³/h, zasoby dla nowego ujęcia Parkowa w kategorii B wyniosły 577 m³/h.

Po zaniechaniu eksploatacji ujęcia Parkowa z uwagi na wysokie zawartości związków żelaza i manganu, poprzez analogię dla poziomu wodonośnego zasoby te zostały przeniesione na obszar ujęcia Przywale, bez ustalenia wpływu na to ujęcie rzeki Warty. Zasilanie z Warty oraz ze starorzeczy i kanału ulgi dla ujęcia Przywale określono dopiero w 1991 r. w dokumentacji określającej zasoby w kategorii C dla budowy ujęcia Śrem-Północ wzdłuż odcinka biegu rzeki w km 288–291 w odległości 60–70 m od koryta, przy długości bariery 2,7 km obejmującej istniejące ujęcie Przywale o zasobach w kategorii B w wielkości $Q = 577$ m³/h przy $s = 3,7$ m. Przeprowadzone symulacje modelowe wykazały, że wydajność takiego ujęcia może wynieść 2260 m³/h, z czego 76–77,2% pochodziłoby z Warty. Dla eksploatowanego ujęcia Przywale z wydatkiem 400 m³/h określono, że w 79% zasilane jest ono z wód powierzchniowych, w tym 66,5% z Warty, a lej depresyjny ma powierzchnię około 2,5 km². Obszar zasilania i szczegółowy bilans zasilania ujęcia według badań modelowych określono w dokumentacji na stan z czerwca 2005 r. oraz dla prognozy zasobowej, co podano w tabeli 6.2.22, stany hydrodynamiczne przy tych wielkościach przedstawiono na rysunku 6.2.44.

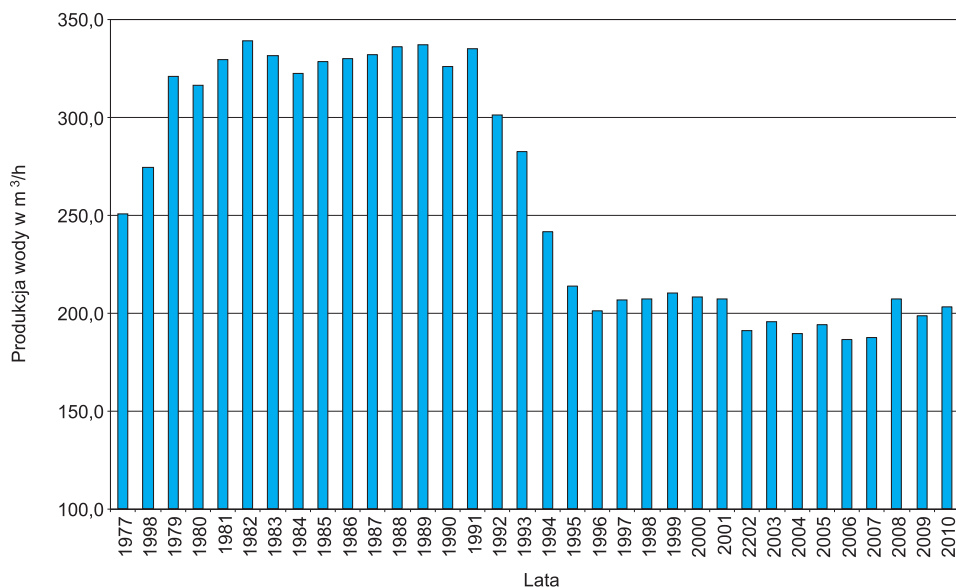
Pobór wody na ujęciu i jej aktualna jakość

Brak jest szczegółowych danych o wielkości poborów wody z okresu eksploatacji ujęć przy ul. Franciszkańskiej i Parkowej w latach 1908–1976. Z wielkości ujęć i ich charakteru wynika, że ujęcie eksploatowane systemem lewarowym do 1946 r. miało wydatek średni niższy od 100 m³/h (prawdopodobnie ~ 62 m³/h). Zwięk-

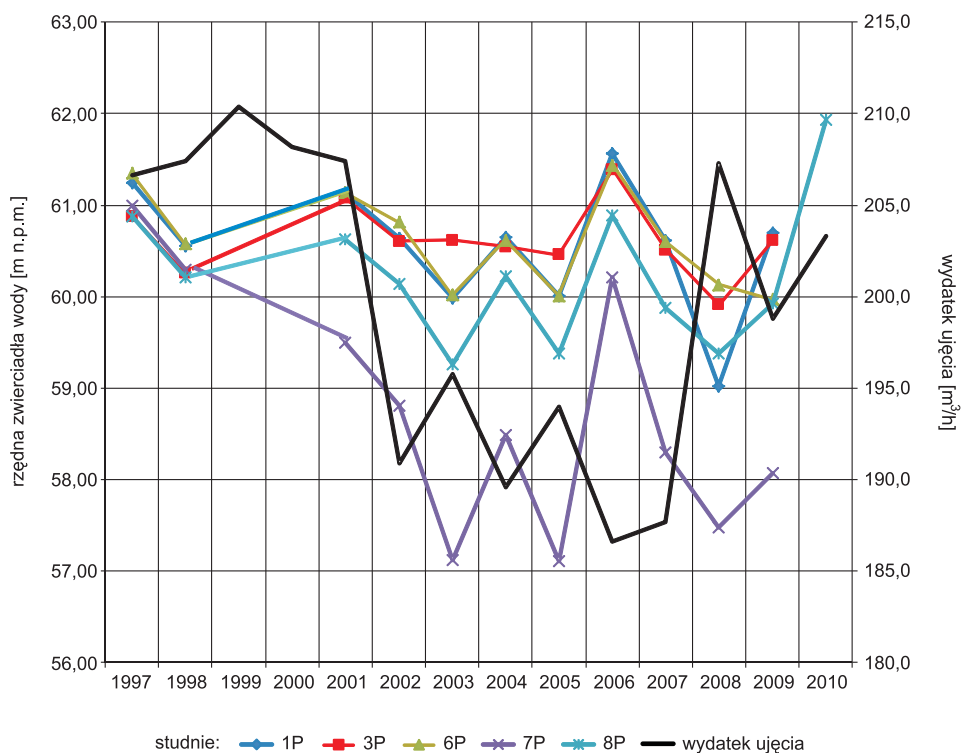
Tabela. 6.2.22. Bilans krążenia wód podziemnych na obszarach zasilania ujęcia Przywale dla stanu z czerwca 2005 r. i prognozy zasobowej

Warstwa/składnik bilansu	Stan z czerwca 2005 r.	Prognoza zasobów eksploatacyjnych ujęcia $Q=577 \text{ m}^3/\text{h}$
Powierzchnia [km^2]	3,45	5,82
Przychody [m^3/h]:		
infiltracja	52,6	87,9
dopływ boczny	3,7	2,8
dopływ boczny wewnętrzny	67,4	153,3
zasilanie z cieków:		
– rzeka Warta	79,7	298,7
– kanał i starorzecza	13,1	36,6
Razem:	216,5	579,3
Rozchody [m^3/h]:		
eksploatacja	196,0	577,0
odpływ boczny	0,0	0,0
drenaż na ciekach:		
– rzeka Warta	18,4	0,0
– kanał i starorzecza	2,2	2,3
Razem:	216,6	579,3
Moduł infiltracji opadów do warstwy wodonośnej [$\text{m}^3/\text{h km}^2$]	15,25	15,1
[l/s km^2]	4,24	4,2
Procentowy udział cieków w zasilaniu ujęcia	47,4	58,1
w tym:		
– rzeka Warta	40,7	51,8
– kanał ulgi i starorzecza	6,7	6,3

szające się zapotrzebowanie na wodę spowodowało zmianę systemu eksploatacji z lewarowej na studniami poprzez wybudowanie ujęcia przy ul. Parkowej i jego włączenie do eksploatacji w 1968 r. Na początku lat 60. XX w. wydajność ujęcia przekroczyła $150 \text{ m}^3/\text{h}$, a w latach 70. XX w. wielkość $200 \text{ m}^3/\text{h}$, osiągając w 1977 r. wydatek $250 \text{ m}^3/\text{h}$. W 1979 r. wydatek ujęcia przekroczył $300 \text{ m}^3/\text{h}$ i utrzymywał się w wielkości $301,4\text{--}339 \text{ m}^3/\text{h}$ do 1992 r. W latach 1993–1997 nastąpił szybki spadek wydatku do poziomu $190\text{--}210 \text{ m}^3/\text{h}$ i podobnie w latach 1998–2010 (rys. 6.2.46). Pobór wody nie przekroczył dotychczas wielkości ustalonych zasobów eksploatacyjnych, osiągał około 40% ich wielkości w latach 1979–1992 i aktualnie wynosi około 35% tej wielkości. Prognozowana wydajność ujęcia w wielkości $430 \text{ m}^3/\text{h}$ jest również znacznie większa od aktualnej eksploatacji. Przy tej eksploatacji rejonowe obniżenie zwierciadła osiągnie wartość $57,9\text{--}58,8 \text{ m n.p.m.}$, natomiast obniżenie zwierciadła wody w obszarze leja depresyjnego dochodzi do $3\text{--}4 \text{ m}$ i jest zależne od stanów wód w Warcie.



Rys. 6.2.46. Produkcja wody z ujęcia Przywale w latach 1977–2010



Rys. 6.2.47. Średnie rzędne zwierciadła wody z pomiarów w piezometrach w trakcie eksploatacji ujęcia w latach 1997–2010

Należy przy tym zaznaczyć, że ujęcie Parkowa eksploatowano do 1990 r., przy stopniowym przenoszeniu eksploatacji od 1979 r. na studnie ujęcia Przywale. Żywotność studni na ujęciach nie przekracza 10–15 lat, przy wydatku pojedynczej studni nie przekraczającym 45 m³/h.

Jak już wspomniano, głównym powodem przenoszenia eksploatacji ujęcia była niekorzystna jakość wód w zakresie ekstremalnej zawartości związków żelaza powyżej 10 mg Fe/l i manganu przekraczającej 2 mg Mn/l oraz wysokiej utlenialności.

Przeniesienie eksploatacji ujęcia wzdłuż Warty spowodowało nie tylko zwiększenie wydatku studni, lecz również zmniejszenie zawartości związków żelaza i manganu. Zawartość tych związków w studniach jest zróżnicowana i kształtuje się w przypadku żelaza poniżej 5 mg Fe/l, a manganu poniżej 1,0–1,5 mg Mn/l w starej części ujęcia, natomiast ponad 10 mg Fe/l i 2 mg Mn/l w niektórych studniach w części północnej bariery.

Charakterystyka hydrodynamiczna ujęcia

Układy krążenia wód według badań modelowych na obszarze wpływu eksploatacji ujęcia z wydatkiem 196 m³/h (w 2005 r. podobnym do aktualnego) oraz z wydatkiem równym wielkości zasobów dyspozycyjnych 577 m³/h pokazano na rysunku 6.2.44.

Przy eksploatacji z wydatkiem 196 m³/h zarysowany jest lej depresyjny o głębokości 1,0–1,2 m, przy obniżeniu zwierciadła wody do rzędnej 58,9–59,0 m n.p.m. Przy tym widoczny jest wyraźny płaski strumień wód od krawędzi pradoliny i Warty z kierunku WSW i od strony ENE po prawej stronie doliny Warty do ujęcia. Obszar zasilania ujęcia w granicach tego strumienia wynosi 3,45 km². Brak jest w nim innych ujęć wód podziemnych.

Natomiast przy eksploatacji ujęcia z wydatkiem $Q = 577$ m³/h, co jest związane również z rozbudową bariery ujęcia do długości 1000 m w kierunku północnym do kanału ulgi, na linii jego bariery wystąpi obniżenie zwierciadła wody o 1,8–2,0 m, tj. od 57,5 do 58,7 m n.p.m. Do tego obniżenia wzdłuż bariery kierować się będą z kierunku WSW i ENE strumienie wód o szerokości około 1,7–2,2 km. Obszar zasilania ujęcia przy tej eksploatacji wyniesie 5,82 km². Depresje studzienne przy eksploatacji studni z wydatkami 45 m³/h będą wynosić 1,5–2,0 m, zaś całkowite 3–4 m.

Przy eksploatacji ujęcia z wydatkami aktualnymi i prognozowanymi obniżenie zwierciadła na linii barier ujęcia nie przekroczy naturalnej amplitudy zmian poziomu wody w Warcie (do 5 m) i naturalnych wahań poziomu gruntowego pradoliny – około 1,3 m – wynikających ze zmienności opadów w przypadku eksploatacji do 200 m³/h. Stąd nie obserwuje się i nie przewiduje na obszarze wpływu ujęcia niekorzystnych zmian środowiska naturalnego związanego z wodami podziemnymi poziomu gruntowego doliny Warty i pradoliny.

Porównanie przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do ustalonych zasobów eksploatacyjnych

Brak jest danych do porównania wielkości eksploatacji ujęcia komunalnego przy ul. Franciszkańskiej i Parkowej w Śremie z ustalonymi wówczas zasobami eksploatacyjnymi na podstawie próbných pompowań otworów badawczych i obserwacji

z eksploatacji oraz obliczeń wzorami analitycznymi. Należy sądzić, że ustalenia te nawiązywały do wyników eksploatacji ujęcia, która była mniejsza niż ustalone zasady eksploatacyjne w 1964 i 1966 r.

Natomiast przyjęcie dla ujęcia infiltracyjnego brzegowego Przywale, ustalonych zasobów eksploatacyjnych z 1966 r. dla ujęcia Parkowa z poziomu gruntowego jest bardzo ograniczone zarówno co do wielkości jego wydatku całkowitego, jak i w studniach, a także dla jakości wód, co wykazują aktualne ustalenia eksploatacyjne. Należy uznać, że właściwe udokumentowanie zasobów tego ujęcia nastąpiło dopiero w dokumentacji z 2005 r. (Dąbrowski i in., 2005) przy zastosowaniu badań modelowych, gdy określono wielkość zasilania z rzeki Warty. Sporządzony model matematyczny na stan eksploatacji ujęcia z wydatkiem $196 \text{ m}^3/\text{h}$ pozwolił wiarygodnie ocenić możliwości eksploatacji ujęcia z zatwierdzonymi zasobami $577 \text{ m}^3/\text{h}$ przy zoptymalizowanej barierze rozbudowy ujęcia i obniżeniu zwierciadła wody na jej linii. Stąd podane ustalenia co do wielkości obszaru zasilania i obszaru zasobowego mają wysoką wiarygodność. Należy przy tym zauważyć, że w okresie funkcjonowania ujęcia Przywale jego wydatek nie osiągnął wielkości zasobów eksploatacyjnych, a wynosił tylko 45–50% jej wielkości.

Ocena zastosowanych metod obliczeń i prognoz zasobowych

W nawiązaniu do powyżej podawanych ustaleń zasobowych i stwierdzonych eksploatacji należy stwierdzić:

- 1) Metody oceny zasobów eksploatacyjnych z 1964 r. i 1966 r. na podstawie wyników obserwacji eksploatacji ujęcia, próbnych pompowań i obliczeń analitycznych dla prostego jednowarstwowego systemu wykazały dość dobrą wiarygodność, której nie można było przenieść wprost na określenie zasobów ujęcia brzegowego Przywale.
- 2) Ujęcie Przywale powinno było mieć określone zasoby eksploatacyjne sprawdzone w badaniach modelowych. Parametry hydrogeologiczne tych zasobów zostały ustalone dopiero w 2005 r. przy opracowaniu dokumentacji – aneksu do dokumentacji z 1966 r., przy określaniu strefy ochronnej ujęcia dla projektowanej eksploatacji z wydatkiem $430 \text{ m}^3/\text{h}$. Jedynie badania modelowe pozwoliły określić wiarygodnie obszar zasilania i zasobowy ujęcia, a także wielkość zasilania z wód powierzchniowych Warty.

Literatura

- Dąbrowski S., Przybyłek J., 1988. Opinia hydrogeologiczna na temat wyboru ujęć do zaopatrzenia m. Śrem w wodę. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S. i in., 1999. Dokumentacja hydrogeologiczna Regionu Poznańskiego Dorzecza Warty, Hydroconsult Sp. z o.o., Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S. i in., 2004. Bilans wód podziemnych w obrębie struktur wodonośnych wraz z oceną udokumentowania ich zasobów, wykorzystania oraz określenia rezerw zasobowych w pow. śremskim. Hydroconsult Sp. z o.o. w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Olejnik Z., Trzeciakowska M., 2005. Aneks nr 2 do „Dokumentacji zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla m. Śremu”

- określający obszar zasobowy ujęcia, przy $Q=577\text{ m}^3/\text{h}$ oraz obszar spływu wody i granice strefy ochronnej ujęcia wody, przy eksploatacji z wydatkiem $Q=430\text{ m}^3/\text{h}$. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S., Olejnik Z., Trzeciakowska M., 2005. Wniosek o ustanowienie strefy ochronnej ujęcia wody „Przywale” dla miasta Śremu pow. śremski woj. wielkopolskie. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dragon K., Mądrała M., Górski J., 2005. Środowisko hydrogeologiczne doliny Warty w rejonie Śremu i jego przeobrażenia w warunkach eksploatacji. Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. XII. Toruń.
- Górski J. i in., 1999. Dokumentacja hydrogeologiczna strefy ochronnej ujęcia wody oraz Dokumentacja hydrogeologiczna z wykonania otworów obserwacyjnych sieci monitoringu ujęcia „Przywale” stanowiące aneksy do „Dokumentacji zasobów ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla miasta Śremu”. Opracowanie firmy HYDROCONS z Poznania.
- Górski J., Przybyłek J., 2000. Aneks do operatu wodnoprawnego na pobór wód podziemnych oraz wniosek o ustanowienie strefy ochronnej ujęcia wody „Przywale” dla m. Śremu wraz z aneksem z 2001 r. Opracowanie firmy HYDROCONS z Poznania.
- Górski J., Przybyłek J., 2005. Usytuowanie studni a jakość pozyskiwanych wód z infiltracji brzegowej. Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. XII. Toruń.
- Karpa M., 1966. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w rejonie Śremu (ujęcie komunalne). Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Poznaniu. Archiwum PG PROXIMA nr 2541.
- Przybyłek J., 1989. Raport z realizacji zadania nr 09.01.03.09. Koncepcja szczegółowa ochrony mosińsko-śremskiego zbiornika wód podziemnych (Pradolina Warszawsko-Berlińska). Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.
- Szenic J., Dąbrowski S., Matuszak W., Wijura A., 1991. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w kat. C w rejonie Radzewice-Śrem; w tym:
- Część A: Sprawozdanie z prac geologicznych.
 - Część B: Badania modelowe w rejonie Śrem-Północ.
 - Część C: Projekt badań geologicznych na udokumentowanie zasobów w kat. B ujęcia wody z utworów czwartorzędowych Śrem-Północ.
- Wykonawca: Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.

6.2.6. Ujęcie Winiary II dla Gniezna

Stanisław Dąbrowski, Maria Trzeciakowska, Maria Dąbrowska

Wstęp

Ujęcie Winiary II jest jednym z trzech eksploatowanych ujęć komunalnych miasta Gniezna w województwie wielkopolskim położonym tuż za NE granicą miasta (rys. 6.2.48). Jest ono eksploatowane przez Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., 62-200 Gniezno, ul. Żwirki i Wigury 28. Do eksploatacji ujęty jest studniami głębinowymi mioceński poziom wodonośny o miąższości 18–30 m zalegający poniżej głębokości 115–120 m. Ujęcie eksploatowane jest od 1985 r. ze zmiennym wydatkiem od $150\text{ m}^3/\text{h}$ do $280\text{ m}^3/\text{h}$ w ramach zasobów eksploatacyjnych w wielkości $280\text{ m}^3/\text{h}$. Poziom mioceński eksploatowany jest również przez

Wysoczyznę terenu ujęcia rozcina głęboka do 20 m rynna lodowcowa o kierunku SW–NE z jeziorami Jelonek i Winiary w obrębie miasta Gniezna oraz jeziorami Wełnickim i Strzyżewskim. Na południe od miasta występują wzniesienia moreny czołowej ostatniego zlodowacenia, znaczące dział wodny między rzekami Wełną, Strugą i Wrześnicą.

Opis ujęcia

Ujęcie usytuowane jest poza granicami miasta Gniezna w kierunku północno-wschodnim, wzdłuż szosy Gniezno–Strzyżewo Kościelne–Paczkowo na długości 2,8 km (rys. 6.2.49).

Budowę ujęcia rozpoczęto w latach 1979–1980 od wierceń trzech otworów poszukiwawczych – do poziomu mioceńskiego nr 13p, 14p i 15p, po stwierdzeniu niekorzystnych warunków hydrogeologicznych w obrębie utworów czwartorzędowych w rynnie Jeziora Wełnickiego, z których miało nastąpić zwiększenie zasobów eksploatacyjnych dla miasta. Po wykonaniu pompowań hydrowęzłowych i badań jakościowych wód w 1982 r. opracowano dokumentację ustalającą zasoby dla tego ujęcia (Dąbrowski, Jasiniak, 1982). Rozbudowa ujęcia nastąpiła po zatwierdzeniu zasobów poprzez odwiercenie sześciu studni do 1985 r. W dalszych latach odwiercone były otwory zastępcze, w zamian za zlikwidowane studnie. Otwory poszukiwawcze 13p i 14p przekwalifikowano na studnie nr 1 i 4. Obecnie ujęcie składa się z dziewięciu studni o numerach 1, 1a, 2, 3, 4, 5, 6, 7a i 8. Studnia nr 4 aktualnie nie eksploatowana oraz otwór 15P wykorzystywane są jako piezometry. Każda ze studni położona jest na wygradzonej działce wodociągowej o wymiarach 20×30 m, które stanowią strefy ochrony ujęcia.

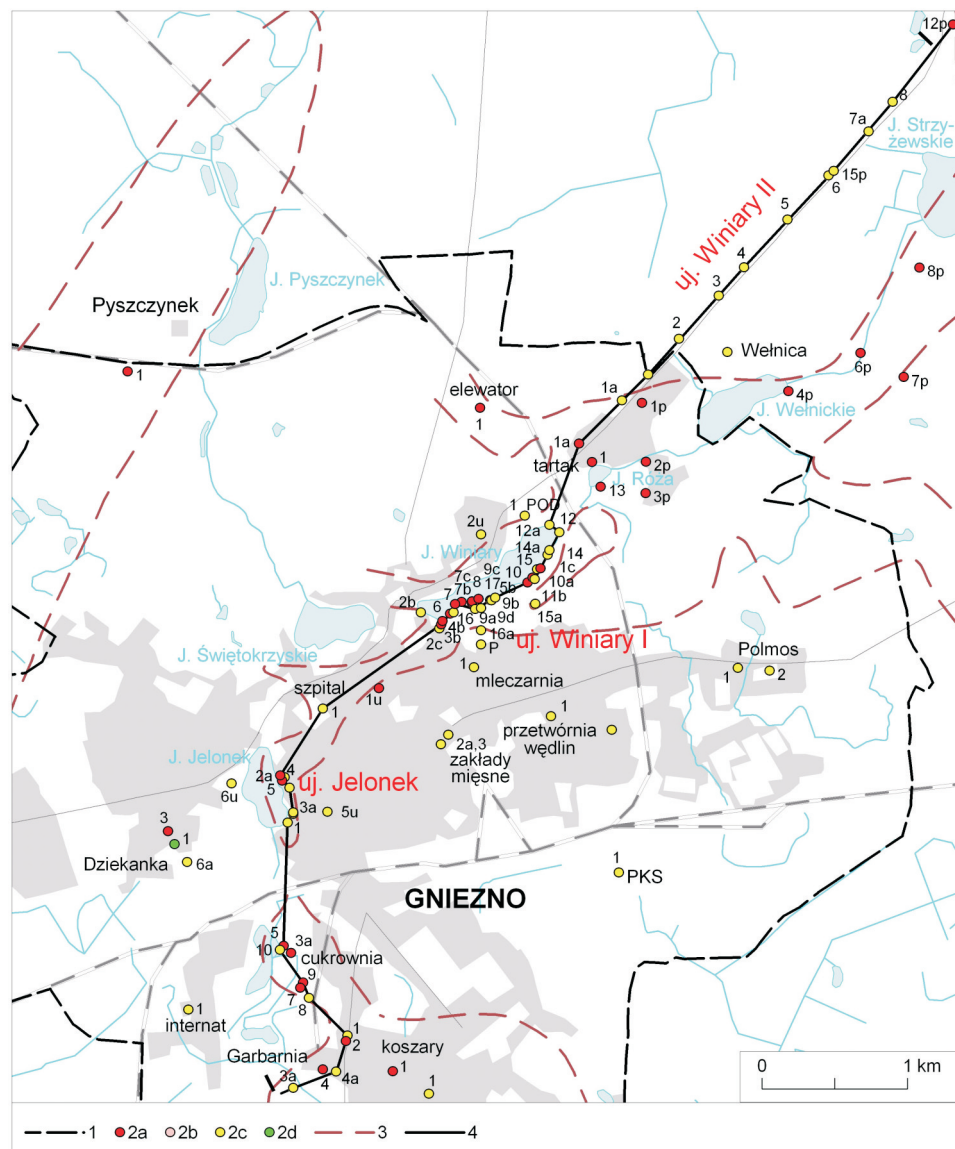
Studnie ujmują mioceński poziom wodonośny o miąższości 18–30 m zalegający w rejonie ujęcia Winiary II poniżej głębokości 115–120 m – rzędna +5,0÷–5,0 m n.p.m. Schematyczne konstrukcje studni wraz z danymi geologiczno-technicznymi przedstawiono w tabeli 6.2.23. Filtry studzienne wykonane są z rur stalowych perforowanych, na których ułożona jest siatka nylonowa. Wokół nich wykonana jest obsypka żwirowa. Wielkość oczek w siatce, jak również wielkość ziaren obsypki, uzależniona jest od wykształcenia granulometrycznego warstwy wodonośnej.

Woda ze wszystkich studni czerpana jest pompami głębinowymi i tłoczona rurociągami do stacji uzdatniania wody zlokalizowanej na ujęciu Winiary I, składającej się z sześciu filtrów otwartych, pompowni II stopnia, chlorowni oraz dwóch zbiorników wody czystej o pojemności 1000 m³ każdy. Woda podlega odżelazieniu i odmanganianiu. Wody popłuczne z czyszczenia filtrów odprowadzane są do odstojnika, skąd rurociągiem spływają do jeziora Winiary.

Problematyka eksploatacyjna i badawcza

Podstawowym problemem dla ujęcia jest utrzymanie wydatku ujęcia w wielkości zasobów eksploatacyjnych dla przyjętej długości rozbudowy bariery ujęcia i wielkości zdepresjonowania nie przekraczającego 1/2 naporu, z uwagi na:

- eksploatację zbiornika regionalnego o stosunkowo małej odnawialności w strefie wododziałowej,



Rys. 6.2.49. Mapa dokumentacyjna komunalnych ujęć wód podziemnych dla miasta Gniezna
 Objasnienia: 1 – granica miasta Gniezna; 2 – otwory hydrogeologiczne ujmujące poziom: 2a – plejstocenijski – międzyglinowy górny, 2b – plejstocenijski – międzyglinowy dolny – wielkopolskiej doliny kopalnej – GZWP 144, 2c – mioceński, 2d – kredowy; 3 – granice plejstocenijskiej struktury hydrogeologicznej – wielkopolskiej doliny kopalnej – GZWP 144; 4 – linia przekroju hydrogeologicznego.

- istnienia w otoczeniu ujęcia licznych ujęć wiejskich bazujących na tym poziomie, co prowadzi do powiększania się zdepresjonowania poziomu na skutek eksploatacji,
- istniejące i zauważalne obniżenie regionalne poziomu piezometrycznego eksploatowanego zbiornika trzeciorzędowego w środkowej Wielkopolsce,
- zachowanie trwałości składu fizyczno-chemicznego wody poziomu,
- żywotność studni.

Tabela 6.2.23. Dane techniczne studni ujęcia Winiary II

Dane studni	Numer studni								
	1	1a	2	3	4	5	6	7a	8
Rok budowy	1981	1985	1985	1985	1981	1992	1985	1993	1993
Głębokość studni [m]	136,0	155,0	150,0	152,0	147,0	155,0	145,0	144,0	150,0
Przelot warstwy wodonośnej [m p.p.t.]	112,0–130,0	119,0–144,0	114,0–144,0	115,0–143,0	116,0–136,0	119,0–144,0	119,0–142,0	116,0–136,0	120,0–144,0
Mięszczość warstwy wodonośnej [m]	18,0	25,0	30,0	28,0	20,0	25,0	23,0	20,0	24,0
Zarurowanie:									
– średnica rur studziennych [mm]	406	406	406	406	406	406	406	406	406
– przelot [m p.p.t.]	0,0–95,0	0,0–115,0	0,0–110,0	0,0–120,0	0,0–105,0	0,0–119,0	0,0–117,0	0,0–93,0	0,0–118,5
Zafiltrowanie:									
– typ filtra	siatkowy	siatkowy	siatkowy	siatkowy	siatkowy	siatkowy	siatkowy	siatkowy	siatkowy
– średnica [mm]	178	194	194	194	194	194	194	194	194
– długość części roboczej [m]	17,0	24,0	25,6	23,0	14,8	20,0	14,0	16,0	20,0
– głębokość części roboczej [m p.p.t.]	112,0–129,0	120,0–144,0	117,9–143,5	120,0–143,0	120,2–135,0	123,0–143,0	119,0–133,0	116,5–132,5	123,0–143,0
Rura nadfiltrowa:									
– średnica [mm]	178	194	194	194	194	194	194	194	194
– długość [m]	29,5	42,5	36,2	31,5	46,4	35,2	33,7	38,5	26,5
– przelot [m p.p.t.]	82,5–112,0	77,5–120,0	81,7–117,9	88,5–120,0	73,8–120,2	87,2–123,0	85,3–119,0	78,0–116,5	96,5–123,0
Rura podfiltrowa:									
– średnica [mm]	178	194	194	194	194	194	194	194	194
– długość [m]	5,5	5,0	5,0	5,5	4,0	5,0	5,0	3,5	5,0
– przelot [m p.p.t.]	129,0–134,5	144,0–149,0	143,5–148,5	143,0–148,5	135,0–139,0	143,0–148,0	133,0–138,0	132,5–136,0	143,0–148,0

Podniesione zagadnienia mają swoje uzasadnienie w obserwowanych w trakcie eksploatacji zmianach zalegania zwierciadła wody – zmiany w rzędnych $\pm 10,0$ m oraz depresjach rejonowych na linii bariery do 20 m. Zmiany poziomu wód w studniach powodują również wahania w zawartościach związków żelaza i manganu przekraczających normę dla wód pitnych.

Istniejące duże współdziałanie między ujęciami z poziomu mioceńskiego w rejonie Gniezna wykazało konieczność regionalnego rozwiązywania gospodarki wodami podziemnymi poprzez dokumentowanie zasobów eksploatacyjnych na modelach matematycznych przepływu wód.

Historia badań hydrogeologicznych i dokumentowania zasobów eksploatacyjnych

Najstarszym ujęciem wody w Gnieźnie jest ujęcie Winiary istniejące od 1888 r. Jest ono usytuowane w północnej części miasta na południowym brzegu jeziora Winiary w formie bariery o długości 1,1 km. Początkowo eksploatowało ono wody poziomu plejstocénskiego (w dolinie rynny kopalnej), a od lat 30. XX w. również poziom mioceński. Poziom ten wraz z poziomem plejstocénским eksploatowano też na ujęciu komunalnym Jelonek od 1948 r. do 2000 r., kiedy ujęcie zlikwidowano.

Z uwagi na wzrastające zapotrzebowanie Gniezna na wodę i ograniczoną zasobność plejstocénskiego i mioceńskiego ujęcia Winiary, zdecydowano się sięgnąć w połowie lat 70. XX w. po większe zasoby z tych poziomów w rejonie jezior Wełnickiego i Strzyżewskiego poprzez budowę nowego ujęcia. W latach 1977–1981 zrealizowane prace badawcze wykazały brak perspektyw rozbudowy ujęcia plejstocénskiego, natomiast realizowano tu prace badawcze dla udokumentowania ujęcia z utworów mioceńskich poprzez odwiercenie 3 otworów o głębokości 130 m, wykonanie próbných pompowań hydrowęzłowych i badań jakości wód niezbędnych dla udokumentowania zasobów eksploatacyjnych. Opracowana w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu Oddział w Poznaniu w 1982 r. dokumentacja hydrogeologiczna obejmowała kompleksowo zasoby dla rejonu ujęć komunalnych miasta Gniezna z utworów trzeciorzędowych (łącznie z nowym) w kategorii C – $Q = 1191 \text{ m}^3/\text{h}$, w kategorii B – $Q = 931 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji rejonowej 2,7–23,0 m z obszaru o powierzchni 509 km^2 , w tym dla ujęcia Winiary $555 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji rejonowej 23,0 m. Przy symulacji rozbudowy nowej bariery ujęcia Winiary II maksymalne obniżenie zwierciadła wody osiągnęło rzędną 78 m n.p.m. Zasoby te określono na podstawie badań modelowych zrealizowanych dla struktur poziomu plejstocénskiego o powierzchni 800 km^2 oraz poziomu mioceńskiego na obszarze 2000 km^2 . Zostały one zatwierdzone decyzją prezesa CUG nr KDH/013/4370/M/83 z dnia 3 września 1983 r. na okres 5 lat.

Dla budowy ujęcia Winiary II w 1985 r. wykonano 6 nowych otworów studziennych, których wydatek w 1991 r. osiągnął $280 \text{ m}^3/\text{h}$. W 1992 r. w tym samym przedsiębiorstwie na podstawie wyników eksploatacji ujęć i powtórnych badań modelowych opracowano aneks do dokumentacji z 1982 r. ustalający na nowo zasoby dla piętra trzeciorzędowego, który został zatwierdzony decyzją MOŚZNiL w 1993 r. z ważnością na 10 lat. Decyzja ta podtrzymała ustaloną ilość zasobów

z 1982 r. z formacji trzeciorzędowej dla rejonu o powierzchni 515 km² w kategorii C – 1191 m³/h przy depresji rejonowej 3,5–31,1 m, w tym w kategorii B – 931 m³/h przy $s_{rej} = 3,5\text{--}31,1$ m, z czego dla ujęć komunalnych miasta Gniezna 416 m³/h i Winiary II – 218 m³/h (Dąbrowski i in., 1992).

W kolejnym dodatku (aneksie) do dokumentacji z 1982 r. dotyczącym ujęć trzeciorzędowych firma Hydroconsult Sp. z o.o. w Poznaniu w 2001 r. określiła zasoby na nowo (Dąbrowski i in., 2001). Na podstawie rozpoznania regionalnego ujęć z poziomu miocenińskiego i eksploatacji z poziomów czwartorzędowych na modelu matematycznym określono nowe zasoby eksploatacyjne zgodnie z wymogami nowego prawa geologicznego. Dla piętra trzeciorzędowego rejonu o powierzchni 419,0 km² (rys. 6.2.48, 6.2.51) wynoszą one $Q = 931,0$ m³/h przy $s_{rej} = 3,7\text{--}26,2$ m, przy depresji w studniach 5,5–47,1 m dla 34 ujęć, w tym dla ujęć komunalnych miasta Gniezna 416,0 m³/h przy $s_{rej} = 24,7\text{--}26,2$ m, z czego dla ujęcia Winiary II – 280 m³/h przy $s_{rej} = 26,2$ m i depresji w studniach 35,2–38,2 m. Obszar zasilania ujęcia Winiary II wynosi 153,3 km² (rys. 6.2.51). Dokumentacja ta została przyjęta przez wojewodę wielkopolskiego pismem z dnia 28 marca 2003 r. nr SR.IV-3-7441-1/03.

Ujęcie to ma aktualnie pozwolenie wodnoprawne na pobór wód podziemnych z piętra trzeciorzędowego łącznie z ujęciem Winiary I w ilości 4848 m³/d (decyzja starosty gnieźnieńskiego z dnia 19 grudnia 2002 r.). Na ujęciu eksploatowanych jest 9 studni o głębokości 129,0–144,0 m. Studnie otoczone są przez tereny ochrony bezpośredniej w obrębie wygradzonych działek.

W 2010 r. obszar zasobowy rejonu Gniezna był przedmiotem regionalnych badań hydrogeologicznych dla ustalenia zasobów dyspozycyjnych w ramach wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej (Dąbrowski i in., 2010). W dokumentacji tej potwierdzono wcześniejsze ustalenia dotyczące określenia zasobów odnawialnych dla tego terenu.

Warunki hydrogeologiczne

Budowa geologiczna oraz warunki hydrogeologiczne obszaru badań zostały szczegółowo opracowane i opisane w sporządzonych dokumentacjach hydrogeologicznych (Dąbrowski, Jasiniak, 1982).

W rejonie przedmiotowego ujęcia zwykłe wody podziemne występują powszechnie w utworach trzeciorzędowych, a tylko lokalnie w strukturach czwartorzędowych kopalnych dolin i rynien lodowcowych (rys. 6.2.50). Ujęcie Winiary II bazuje wyłącznie na wodach poziomu miocenińskiego (rys. 6.2.50).

W ujęciu regionalnym występowanie wody w utworach neogeńsko-paleogeńskich (trzeciorzędowych) związane jest z seriami osadów piaszczystych miocenu i oligocenu. Rozdzielone są one kompleksem osadów zastoiskowych wykształconych w postaci iłów bądź mułków. Osady piaszczyste tworzą dwa poziomy wodonośne – mioceni i oligoceni. Studniami ujęcia Winiary ujmowany jest poziom mioceni. Poziom oligoceni w tym rejonie nie występuje.

Poziom mioceni ma rozprzestrzenienie regionalne i jest również ujmowany na ujęciu Winiary I, a także licznymi ujęciami wiejskimi i przemysłowymi w rejonach, gdzie brak poziomów czwartorzędowych.

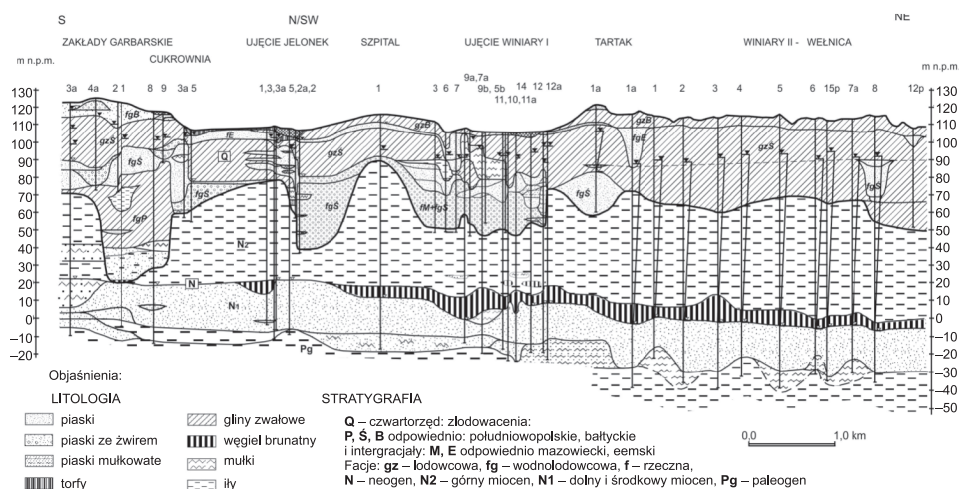
Poziom ten tworzą przede wszystkim warstwy piasków drobnoziarnistych i pylastych, lokalnie piasków gruboziarnistych. Na ujęciu Winiary II miąższość kompleksu wodonośnego waha się od 17 m w studni nr 1 do 30 m w studni nr 2.

Parametry warstwy wodonośnej są następujące:

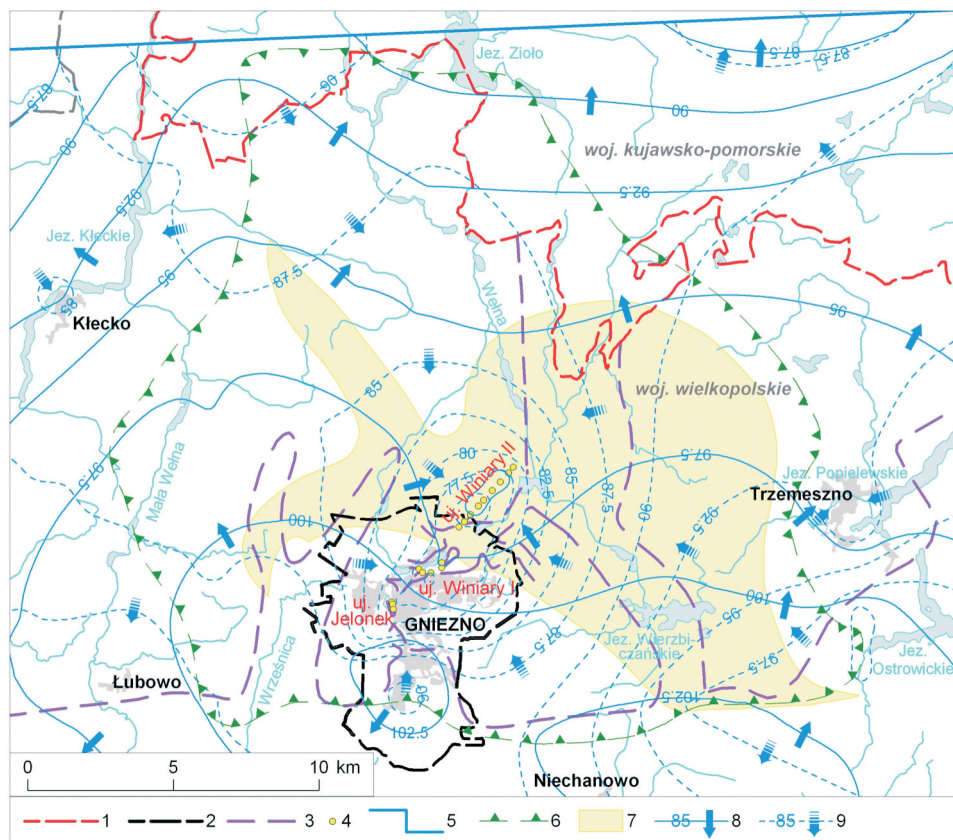
- przewodność: 5–10 m²/h,
- średni współczynnik filtracji: około 0,2 m/h (od 0,05 do 0,86 m/h),
- zasobność sprężysta: od 0,00014 do 0,00067.

Wydatek jednostkowy jest uzależniony od uziarnienia warstwy wodonośnej i jej miąższości. Waha się od 2,25 m³/h/m w studni nr 4 do 4,13 m³/h/m w studni nr 1. Na podstawie wieloletniej eksploatacji ujęcia należy stwierdzić, że pojedyncza studnia pracująca w zespole może być trwale eksploatowana z wydatkiem 35 m³/h, przy potencjalnej wydajności do 70 m³/h.

Poziom miocénski jest poziomem ciśnieniowym – subartezyjskim. Historyczne zwierciadło wody w rejonie Gniezna, przed intensywną eksploatacją miocénskiego zbiornika wód podziemnych, zalegało na rzędnej około 104 m n.p.m. W okresie budowy przedmiotowego ujęcia (rok 1985) statyczne zwierciadło wody stabilizowało się w zakresie głębokości od 19,7 do 28,5 m (rzędne 91–97 m n.p.m.). Depresja rejonowa wynosiła od 7 do 13 m. W latach 1991–1992, kiedy ujęcie pracowało z wydajnością zbliżoną do zatwierdzonych zasobów, tj. około 280 m³/h, zwierciadło wody w rejonie ujęcia zalegało na rzędnej 85–86 m n.p.m. Depresja rejonowa osiągnęła maksymalną wielkość około 19 m. Z końcem lat 90. nastąpił wyraźny spadek produkcji wody. Pomiar zalegania zwierciadła wody wykonany w styczniu 2001 r. wykazał, że zwierciadło wody występuje w zakresie głębokości 19,8–26,7 m (rzędne 92–96 m n.p.m.). Zatem w odniesieniu do roku 1992 podniosło się średnio o 7–11 m i jest na poziomie z lat 70/80. Aktualnie zwierciadło wody w rejonie ujęcia występuje na rzędnych 92,0–97,5 m n.p.m. Tak więc depresja rejonowa liczona od historycznego poziomu wynosi około 10 m.



Rys. 6.2.50. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon ujęcia Winiary II



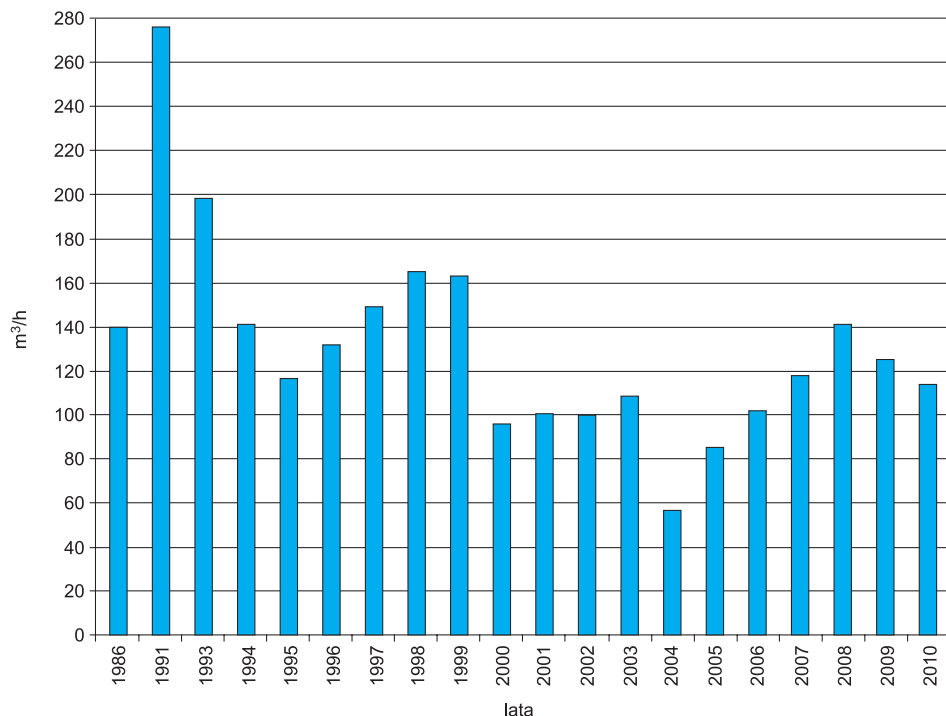
Rys. 6.2.51. Mapa hydroizohips poziomu miocenijskiego rejonu Gniezna

Objaśnienia: 1 – granice województw, 2 – granice powiatów i miasta Gniezna, 3 – granica plejstoceńskiej struktury hydrogeologicznej – wielkopolskiej doliny kopalnej – GZWP 144, 4 – otwory studziennego ujęć komunalnych miasta Gniezna, 5 – granica badań modelowych poziomu miocenijskiego, 6 – granice obszaru zasobowego rejonu Gniezna, 7 – obszar zasilania przy eksploatacji w wielkości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych $Q=280 \text{ m}^3/\text{h}$, 8 – hydroizohipsy poziomu miocenijskiego wraz z kierunkami spływu wód dla stanu z 2002 r., 9 – hydroizohipsy poziomu miocenijskiego wraz z kierunkami spływu wód przy eksploatacji w wielkości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych $Q=280 \text{ m}^3/\text{h}$

Zasilanie poziomu następuje na drodze infiltracji opadów poprzez miąższy nadkład gliniasto-ilasty o charakterze słabo przepuszczalnym i z przesączania lokalnego z poziomów czwartorzędowych. Według wyników badań modelowych wynosi ono $1,16 \text{ m}^3/\text{h km}^2$ (Dąbrowski i in., 2002).

Pobór wód i jakość wód podziemnych na ujęciu

Ujęcie Winiary II eksploatowane jest od 1986 r. ze zmiennym wydatkiem. Na ujęciu obserwuje się zmienny pobór wody bez wyraźnych trendów, wynikający z zapotrzebowania na wodę i eksploatacji innych ujęć. Dla orientacji podaje się, że najwyższe wydobycie wody z ujęcia Winiary II w roku 1991 wynosiło $2\,422\,270 \text{ m}^3$,



Rys. 6.2.52. Wydatek ujęcia Winiary II w latach 1986–2010

tj. 276,5 m³/h, zaś najniższe w roku 2004 wynosiło 56,9 m³/h (rys. 6.2.52). Do 2000 r. ujęcie eksploatowano z wydatkiem około 160 m³/h, natomiast w latach późniejszych nastąpił jego spadek, który wiąże się ze zmniejszeniem zapotrzebowania na wodę i zwiększeniem wydajności plejstocénskiego ujęcia Żydowo dla Gniezna, położonego około 9 km na południe od miasta w poziomie wielkopolskiej doliny kopalnej (Dąbrowski, 1990).

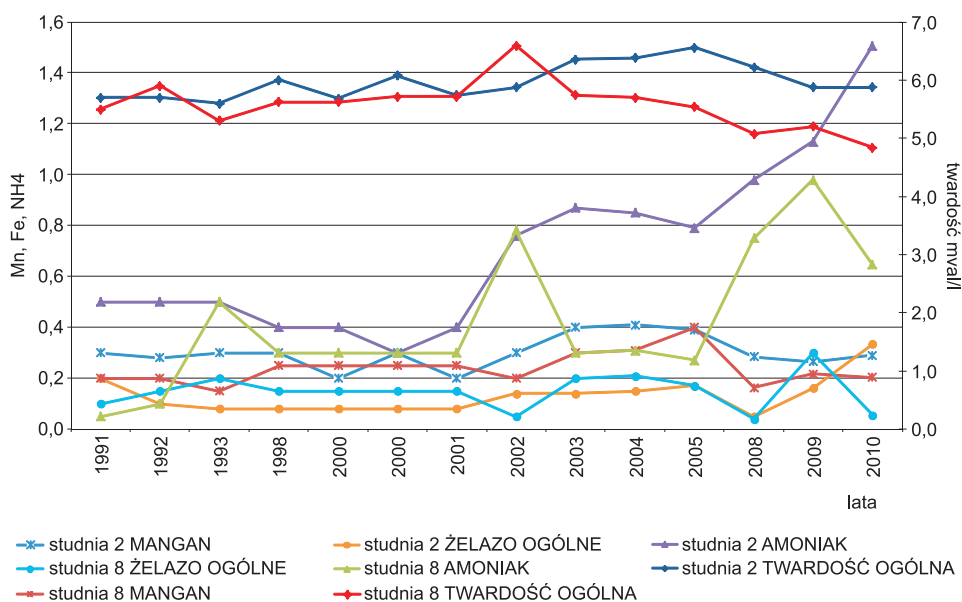
Jakość wód

Wody mioceńskie są wodami słodkimi o mineralizacji ogólnej około 540 mg/l. W odniesieniu do normy dla wody do picia powszechnie przekroczona jest zawartość manganu, którego maksymalne wartości – 0,35 mg Mn/l – wystąpiły w studni nr 2b, najczęściej do 0,25 mg Mn/l. Przekroczenie maksymalnych dopuszczalnych stężeń związków żelaza, w wielkości do 0,5 mg Fe/l, zanotowano w studniach 11b, 15a i 16a, które od 2001 r. spadło do 0,15 mg Fe/l. Powszechnie poza studnią 15a obserwuje się przekroczenie stężenia amoniaku. Maksymalnie wynosi ono 1,2 mg N/l w studni 16a. W studni tej od 1992 r. notuje się stały wzrost stężenia z 0,7 mg N/l do 1,2 mg N/l. Podobną tendencję obserwuje się w studni nr 2c, kiedy w 1992 r. zawartość amoniaku wynosiła 0,7 mg N/l, a w 2005 r. – 1,0 mg N/l. Natomiast w studni 11b zaznacza się stabilizacja tego związku z tendencją do spadku z 0,8 mg N/l do 0,55 mg N/l. Parametry fizyczno-chemiczne wykazują pewną stałość.

Woda poziomu mioceńskiego ma wyczuwalny zapach siarkowodoru, którego obecność, podobnie jak amoniaku, należy wiązać z procesami geogenicznymi zachodzącymi w warstwie wodonośnej o regionalnym rozprzestrzenieniu. Stężenia pozostałych parametrów charakteryzujących chemizm wód, w tym metali ciężkich nie budzą zastrzeżeń.

Ujmowane wody poziomu trzeciorzędowego charakteryzują się stabilnym składem fizyczno-chemicznym przy wahaniach poszczególnych wielkości parametrów fizyczno-chemicznych, takich jak żelazo i amoniak. Pomimo przekroczeń najwyższych dopuszczalnych stężeń dla wody pitnej niektórych parametrów, uzdatnianie wody nie następuje większych trudności.

Analiza wyników badań wykazała, że na ujęciu Winiary II w ciągu dwudziestoletniej jego eksploatacji nie obserwuje się tendencji w kierunku zmian jakości wód. W odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych stężeń parametrów dla wód do picia powszechnie przekroczona jest zawartość manganu. Jego wielkość z poziomu 0,2 mgMn/l wzrosła od 2002 r. do 0,3–0,4 mg Mn/l (studnia nr 2). Zawartość amoniaku jest najczęściej na poziomie zbliżonym do stężenia 0,4–0,5 mg N/l. Niemniej jednak od 2002 r. notowane są stężenia wyższe, osiągające wartości do 0,87 mg N/l. Nieakceptowalny jest zapach wody z powodu obecnego w dużych ilościach siarkowodoru – do 0,36 mg H₂S/l. Obecny w wodzie amoniak oraz siarczki i siarkowodor są pochodzenia geogenicznego. Ich pochodzenie należy wiązać z procesami zachodzącymi w warstwie wodonośnej i skałach nadległych trzeciorzędu zawierających substancje organiczne.



Rys. 6.2.53. Zawartość manganu, żelaza ogólnego, amoniaku oraz twardość ogólna w wodach ujęcia Winiary II w latach 1991–2010

Zawartość związków żelaza na ogół nie przekracza wielkości 0,1–0,2 mg Fe/l, choć sporadycznie oznaczono je na poziomie od 0,6 mg Fe/l w studni nr 7a – 1993 r. do 1,0 mg Fe/l (studnia nr 1a – 1985 r.).

Stężenia pozostałych parametrów nie budzą zastrzeżeń. Zawartość metali ciężkich jest znacznie niższa niż najwyższe dopuszczalne stężenia.

Wykresy kształtowania się wybranych parametrów jakościowych wody w latach 1991–2005 ze studni 2 i 8 ujęcia komunalnego dla miasta Gniezna Winiary II przedstawiono na rysunku 6.2.53.

Obserwowane od 2001 r. zwiększenie się zawartości w wodzie ujęcia amoniaku i manganu należy wiązać ze zmniejszeniem się wydajności ujęcia Winiary II z około 160,0 m³/h do około 100,0 m³/h oraz innych ujęć w regionie.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Zasoby eksploatacyjne ujęcia Winiary II zostały ustalone w kompleksowej dokumentacji hydrogeologicznej określającej zasoby wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych rejonu Gniezna (Dąbrowski, Jasiniak, 1982). Ujęcie to traktowano jako osobny obiekt badawczo-projektowy, realizowany jako rozbudowa istniejącego ujęcia Winiary I z poziomu mioceńskiego w kierunku NE poza terenami miejskimi.

Dla potrzeb udokumentowania nowego ujęcia wykonano zgodnie z projektem:

- 3 otwory poszukiwawcze o nr 13p, 14p i 15p, filtrując warstwy poziomu mioceńskiego w sposób umożliwiający zamianę ich na studnie,
 - pompowania pomiarowe jednostopniowe otworów 13p i 14p z wydatkami od 63 do 110 m³/h, w czasie 102–152 h, a otwór 15p w czasie 312 h przy obserwacji dwóch pozostałych (pompowanie hydrowęzłowe),
 - badania jakości wód z otworów pompowanych.
- Ponadto dla udokumentowania zasobów eksploatacyjnych w całym rejonie:
- dokonano inwentaryzacji ujęć w rejonie miasta i otoczenia,
 - sporządzono model matematyczny dla obszaru filtracji wód w piętrze czwartorzędowym i trzeciorzędowym o powierzchni 2000 km².

Na podstawie symulacji optymalizujących eksploatację nowego ujęcia oraz ujęć istniejących w rejonie Gniezna ustalono zasoby w kategorii B w wysokości 931 m³/h, przy depresji rejonowej 2,7–23,0 m, z obszaru 509 km², w tym dla ujęcia Winiary I i II – 555 m³/h, przy depresji rejonowej 23,0 m. W prognozie jakości wód dla nowego ujęcia nie przewidywano jej zmian podczas eksploatacji.

W prognozie zasobowej wykonanej w 1992 r. na zweryfikowanym modelu hydrogeologicznym ujęć rejonu Gniezna w piętrze trzeciorzędowym, po uwzględnieniu wszystkich eksploatowanych ujęć (w tym Winiary II), podtrzymano dla rozpatrywanej formacji uprzednio ustalone zasoby eksploatacyjne w kategorii B i C, przy zmienionej depresji rejonowej do wielkości od 3,5 do 31,1 m. Zmniejszono zasoby eksploatacyjne dla ujęć komunalnych miasta Gniezna do wielkości 416 m³/h, w tym dla ujęcia Winiary I – 60 m³/h i Winiary II – 280 m³/h, przy depresji rejonowej 29,0–31,1 m.

Badania modelowe zarówno w warunkach filtracji ustalonej, jak i nieustalonej wykazały, że moduł zasilania poziomu mioceńskiego z infiltracji i przesączania

wynosi $0,89 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2$. Ustalono, że eksploatowane ujęcie wykazuje stałość cech fizyczno-chemicznych wód, mimo obserwowanych różnic w poszczególnych badaniach.

Ostateczne ustalenie zasobów ujęcia nastąpiło w dodatku do dokumentacji z 1982 r. opracowanym w 2002 r. w firmie Hydroconsult Sp. z o.o. dla ujęć rejonu Gniezna w obszarze zasobowym 419 km^2 (rys. 6.2.51), gdzie określono zasoby eksploatacyjne w ilości $931 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji rejonowej $3,7\text{--}26,2 \text{ m}$ dla 34 ujęć, w tym dla ujęć komunalnych miasta Gniezna $416 \text{ m}^3/\text{h}$, przy $s_{\text{rej}} = 24,7\text{--}26,2 \text{ m}$, z czego dla ujęcia Winiary II – $280 \text{ m}^3/\text{h}$ i $s_{\text{rej}} = 26,2 \text{ m}$ oraz w studniach $s_s = 35,2\text{--}38,2 \text{ m}$. Dla ujęcia Winiary II z obszaru zasobowego wydzielono na modelu obszar zasilania o powierzchni $153,3 \text{ km}^2$ (rys. 6.2.51). W ocenie jakości wód nie stwierdzono wpływu zanieczyszczenia antropogenicznego, a jedynie zmiany związane z procesami geogenicznymi w warstwie wodonośnej. Podstawą nowej oceny zasobowej było uaktualnienie rozpoznania wyników eksploatacji ujęć i ich wykazanych potrzeb na wodę.

Charakterystyka hydrodynamiczna eksploatacji ujęcia

Badania modelowe wykonane dla oceny zasobów rejonu wykazują, że eksploatacja ujęcia Winiary II wraz z innymi ujęciami spowoduje rozległe obniżenie powierzchni piezometrycznej poziomu miocénskiego w rejonie Gniezna do rzędnych $75\text{--}76 \text{ m n.p.m.}$ w strefie ujęć (rys. 6.2.51), tj. o $25\text{--}26 \text{ m}$ względem stanów z 1981 r., tj. rzędnej około 101 m n.p.m. Dodatkowe obniżenie wywołane eksploatacją studni ujęcia Winiary II z wydatkiem około $35 \text{ m}^3/\text{h}$ oceniono na $9,5\text{--}12,0 \text{ m}$ w studniach, co spowoduje powstanie na ujęciu depresji rzędu $35\text{--}38 \text{ m}$. Są to znaczne obniżenia w powierzchni piezometrycznej, które poza początkiem lat 90. XX w. nie osiągały takich rozmiarów. Badania regionalne i modelowe z lat 2002–2010 na tym obszarze wykazują obniżenie rejonowe około $7\text{--}10 \text{ m}$ mniejsze niż prognozowane dla zasobów eksploatacyjnych ujęć. Na podstawie doświadczeń z eksploatacji na ujęciu przyjęto optymalną wydajność studni w wielkości $30\text{--}35 \text{ m}^3/\text{h}$. Amplituda zmian zwierciadła wody w studniach wynikająca z ich wyłączeń sięgać może 12 m , natomiast wynikająca z czynników naturalnych zmienności zasilania nie przekracza 1 m .

Uważa się, że zmiany położenia zwierciadła w obrębie leja depresyjnego wpływają niekorzystnie na zawartość w wodzie związków żelaza oraz amoniaku mimo generalnie obserwowanej ich stałości w czasie. Zmiany poziomów piezometrycznych wód zbiornika miocénskiego nie mają wpływu na wody powierzchniowe, z uwagi na izolację łąkami oraz glinami zwałowymi o dużej miąższości na tych terenach. Badania modelowe wykonywane dla tego obszaru od lat 70. XX w. do czasów obecnych nie wykazują istotnych zmian w wielkości zasilania opadami i z przesączania z nadległych poziomów czwartorzędu, mimo istniejącego regionalnego obniżenia poziomów piezometrycznych.

Porównanie ustaleń zasobowych z wynikami eksploatacji ujęcia

Zasoby eksploatacyjne ujęcia Winiary II określone w ilości $280 \text{ m}^3/\text{h}$ nie uległy zmianie ilościowej od lat 1982–1992 zostały potwierdzone w ostatniej prognozie zasobowej w 2002 r. Natomiast zmieniła się w tych prognozach wielkość depresji

rejonowej ustalana w symulacjach modelowych oraz związana z nią depresja całkowita w studniach obliczona w odniesieniu do stanu wód przed 1981 r., tj. do rzędnej około 101,0 m n.p.m.

Depresje rejonowe na ujęciu w latach 1982–2002 prognozowano w wielkościach: 1982 r. – 23,0 m i rzędnej obniżenia 78,0 m n.p.m., 1992 r. – 29,0–31,1 m i rzędnej obniżenia 70,0–72,0 m n.p.m., zaś w 2002 r. – 26,2 m i rzędnej obniżenia 74,6 m n.p.m. Powyższe zmiany w prognozach obniżenia zwierciadła wody na ujęciu Winiary wynikały ze zmian w wielkościach prognozowanych zasobów (poborów) poza rejonem zasobowym oraz w piętrze czwartorzędowym na tym obszarze. Dotyczyło to głównie prognozy z 1992 r., kiedy to obserwowano szybkie zmiany poziomów piezometrycznych wód w zbiorniku mioceńskim regionu Wielkopolski rejestrowane w stacji Czachurki (patrz rozdz. 6.2.3). Ustalenie zasobów eksploatacyjnych w oparciu o wyniki badań modelowych umożliwiło uwzględnienie tych procesów. Natomiast depresję studzienną wynikłą z eksploatacji ustalono dla nowych studni z wyników próbnych pompowań. Depresje te ulegają ciągle zmianom w trakcie eksploatacji studni w wyniku ich kolmatacji. Optymalna wielkość eksploatacji ustalona dla studni nie przekraczająca 35 m³/h prowadzi do długiej jej żywotności, co potwierdzają studnie odwiercone na tym ujęciu w latach 1981–1985 oraz specjalnie w tym celu odwiercone trzy otwory badawcze, w których wykonano próbne pompowanie i obliczono parametry filtracyjne w warunkach filtracji ustalonej i nieustalonej.

Eksploatacja ujęcia Winiary w wielkości zasobów (280 m³/h) była osiągnięta tylko w krótkim okresie 1991 r. Wówczas na ujęciu Winiary II rzędna obniżenia rejonowego wynosiła 85,5–87,0 m n.p.m. przy średnich wydatkach mniejszych niż prognozowano. Na obszarze zasobowym rejonu Gniezna eksploatacja poziomu mioceńskiego spadła z 500 m³/h w 1981 r. do około 405 m³/h w 1991 r. W analizie zasobowej rejonu Gniezna wykazano, że stan wód podziemnych z 1981 r. uległ generalnie podwyższeniu, zwłaszcza w Gnieźnie, do ponad 6 m, z uwagi na obserwowany spadek poborów wód do poziomu 206 m³/h. Największy pobór wód w 2001 r. miał miejsce na ujęciu Winiary II i wyniósł 279,7 m³/h, gdzie obserwowano najniższe zaleganie poziomu wód 94,5–95,5 m n.p.m. (niższe o ok. 2 m niż występowało w 1981 r.), a depresja rejonowa wynosiła 5,5–6,5 m względem stanu „naturalnego”, tj. 101,0 m n.p.m. Na podstawie powyższego można uznać, że prognoza eksploatacji z 1982 r. była wiarygodna dla określenia ilościowego zasobów.

Za wiarygodne należy też uznać prognozy co do zmian jakości na ujęciu, które wykazywały stabilny skład fizyczno-chemiczny przy braku tendencji do jego pogorszenia, mimo lokalnych i okresowych zmian zawartości związków żelaza i amoniaku.

Ocena metod wykonywania obliczeń i prognoz zasobowych

Zastosowane metody badań i obliczeń zasobowych dla ujęcia Winiary związane z analizą lokalną i regionalną zbiornika mioceńskiego z wykorzystaniem badań modelowych okazały się wiarygodne zarówno w zakresie ilościowym, jak i jakościowym. Ocenę parametrów filtracyjnych rejonu ujęcia i technicznych studni dokonano poprzez wykonanie 3 otworów badawczych o parametrach studni, których próbne pompowania pozwoliły określić parametry hydrogeologiczne z filtracji

ustalonej i nieustalonej, warunki techniczne wykonania otworów studziennych, a także parametry fizyczno-chemiczne wody.

Wiarygodność oceny zasobowej wynika również z regionalnego rozpoznania eksploatacji wód poziomu mioceńskiego oraz wykonanych badań modelowych na terenie około 2000 km², które pozwoliły wydzielić obszar zasobowy rejonu Gniezna o powierzchni 420–515 km², w którym znalazły się ujęcia z miasta Gniezna i 34 ujęcia wiejskie. Wiarygodności tej oceny nie podważa rzeczywista eksploatacja wód poziomu, która jest najczęściej niższa niż symulowane wielkości.

Literatura

- Dąbrowski S., Jasiniak D., 1982. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych rejonu ujęć komunalnych Gniezna i z utworów trzeciorzędowych rejonu Gniezna. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Jasiniak D., Trzeciakowska M., 1992. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznych zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych rejonu ujęć komunalnych Gniezna i z utworów trzeciorzędowych rejonu Gniezna. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Olejnik Z., Trzeciakowska M., 2001. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych rejonu ujęć komunalnych miasta Gniezna i z utworów trzeciorzędowych rejonu Gniezna opracowanej w 1982 r. oraz do aneksu do ww. dokumentacji, opracowanej w 1992 r. w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu zawierający propozycję strefy ochronnej ujęcia komunalnego „Winiary II” dla m. Gniezna. BSiBHiG Hydroconsult Sp. z o.o. Poznań
- Dąbrowski S., Olejnik Z., Trzeciakowska M., 2002. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych rejonu ujęć komunalnych miasta Gniezna i z utworów trzeciorzędowych rejonu Gniezna opracowanej w 1982 r. oraz do aneksu do ww. dokumentacji opracowanej w 1992 r. w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu i Ośrodka Modelowania w zakresie ustalenia zasobów z wód podziemnych z utworów trzeciorzędowych rejonu Gniezna. BSiBHiG Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S., Olejnik Z., Janiszewska B., 2008. Jakość wód podziemnych ujęć miasta Gniezna w trakcie wieloletniej eksploatacji. [W:] Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód. Wyd. PZliTS Oddział Wielkopolski, Poznań, t. I, s. 187.
- Dąbrowski S. i in., 2010. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej. Konsorcjum 5 firm. Hydroconsult Sp. z o.o. i in., Poznań.

6.3. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w paśmie równinnym

6.3.1. Ujęcie Jurowce dla Białegostoku

Jacek Meszczyński, Włodzimierz Pietruszka, Anna Kędzierawska

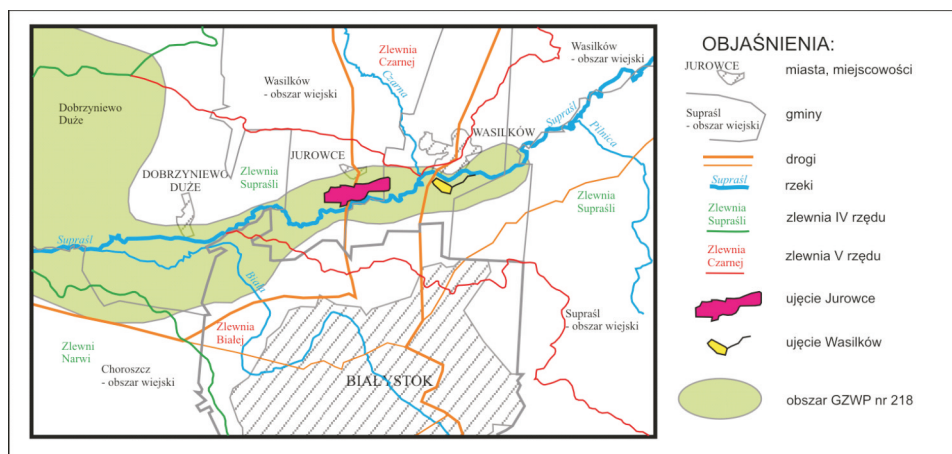
Wstęp

Komunalne ujęcie wód podziemnych dla Białegostoku w Jurowcach jest położone w odległości około 1,5 km na północ od granic administracyjnych miasta, w gminie Wasilków, powiat białostocki, województwo podlaskie (rys. 6.3.1). Studnie ujęcia rozlokowane są po obu stronach drogi krajowej Białystok–Augustów, na prawym brzegu rzeki Supraśl. Właścicielem ujęcia są Wodociągi Białostockie Sp. z o.o. w Białymstoku, 15-404 Białystok, ul. Młynowa 52/1. Poza ujęciem w Jurowcach, drugim podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę pitną Białegostoku jest ujęcie infiltracyjne wody powierzchniowej z rzeki Supraśl w Wasilkowie, które również należy do tego użytkownika.

Pobór wody z ujęcia w Jurowcach w roku 2009 wynosił 5 837 440 m³, tj. średnio 15 993 m³/d, i w całości wykorzystywany był na potrzeby komunalne.

Studnie ujęcia (łącznie 40 otworów) ujmują do eksploatacji czwartorzędowe piętro wodonośne. Zlokalizowane są one w obrębie szerokiej formy pradolinnej (GZWP 218 – Pradolina Supraśli), pokrywającej się częściowo z obecną doliną Supraśli. Kompleks wodonośny składa się tu z 3 warstw wodonośnych, będących we wzajemnej więzi hydraulicznej – warstwy aluwialnej, międzymorenowej i spągowej. Poszczególne studnie ujęcia ujmują jedną z tych warstw bądź dwie lub trzy łącznie.

Zasoby eksploatacyjne ujęcia w Jurowcach zatwierdzone zostały w oparciu o dokumentację hydrogeologiczną zasobów wód podziemnych rejonu Białegosto-



Rys. 6.3.1. Lokalizacja ujęcia Jurowce

ku, opracowaną w 1994 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A. Zakład w Warszawie (Madejski i in., 1994) w ilości 1760 m³/h – z tego:

- z pierwszej warstwy wgłębnej (aluwialnej + międzymorenowej) – 1400 m³/h, przy depresji regionalnej 0,8–3,7 m;
- z drugiej warstwy wgłębnej (spągowej) – 360 m³/h, przy depresji regionalnej 1,9–2,5 m (decyzja Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa – nr KDH/013/5880/95 z dnia 28 czerwca 1995 r.).

Pierwsze otwory studzienne (13 otworów) wykonano w latach 1961–1965, zatwierdzając zasoby eksploatacyjne (wówczas w kategorii B), w wysokości 1431 m³/h (decyzja prezesa CUG z dnia 4 lutego 1966 r.). Od tego czasu ujęcie pracuje nieprzerwanie, stale rozbudowywane poprzez wiercenie nowych otworów bądź otworów zastępczych.

Położenie geograficzne i hydrograficzne ujęcia

Według podziału fizycznogeograficznego (Kondracki, 2000) obszar ujęcia Jurowce leży w obrębie mezoregionu o nazwie Wysoczyzna Białostocka. Samo ujęcie rozlokowane jest na tarasie zalewowym rzeki Supraśl – prawobrzeżnego dopływu Narwi.

Według podziału na regiony wodne określone w Hydrogeologii Regionalnej Polski, jest to region wodny Narwi, Pregoi i Niemna.

Problematyka eksploatacyjna i badawcza

Po wykonaniu 5 nowych otworów studziennych, ujmujących spągową warstwę wodonośną, w 2010 r. przystąpiono do prac dokumentacyjnych, których celem było określenie zasobów eksploatacyjnych ujęcia w nowej konfiguracji, uwzględniającej wszystkie nadające się do eksploatacji studnie (Meszczczyński i in., 2010). Jedynym i naturalnym ograniczeniem tej konfiguracji było założenie, że w każdym z 17 węzłów (zespołów otworów) pracować będzie tylko jedna studnia w każdej warstwie wodonośnej, a więc maksymalnie 3 lub 2 studnie w przypadku wybrania odwiertu ujmującego 2 warstwy.

Drugim założeniem, obowiązującym we wszystkich wariantach optymalizacji pracy ujęcia, było operowanie wydatkami jednostkowymi poszczególnych studni po 5 latach eksploatacji, co było równoznaczne z przyjęciem 10-letniej średniej żywotności studni – zakładano więc stałe odtwarzanie dobrego stanu technicznego ujęcia przez odwiercanie nowych otworów w każdym węźle. Ze względu na znaczny obszar zajmowany przez ujęcie i wzajemne oddalenie poszczególnych węzłów strategia taka może być stosowana jeszcze przez kilkadziesiąt lat. Optymalizację pracy ujęcia przeprowadzono na 5-warstwowym modelu numerycznym, obejmującym teren lokalnej zlewni podziemnej dolnego odcinka Supraśli, o powierzchni około 800 km².

Badania optymalizacyjne objęły podstawowe problemy, których rozwiązanie jest wymagane przez przepisy dotyczące dokumentowania zasobów wodnych, oraz zagadnienia charakterystyczne dla ujęcia Jurowce. Były to:

- maksymalizacja zasobów eksploatacyjnych ujęcia w warunkach wzajemnego oddziaływania poszczególnych studni,
- określenie źródeł i struktury zasilania ujęcia przy wydajności maksymalnej,

- określenie zasięgu leja depresji i wielkości oddziaływania na inne ujęcia,
- określenie obszaru spływu do ujęcia i obszaru zasobowego,
- określenie wpływu ujęcia na bilans wód podziemnych w jego otoczeniu.

W stosunku do nadal obowiązującej dokumentacji z 1994 r. i do czasu przyjęcia nowej badania te mają status uzupełniających.

Cechą charakterystyczną ujęcia Jurowce jest stopniowe pogarszanie się parametrów filtracyjnych warstw wodonośnych ze wzrostem głębokości. Wartości średnie współczynnika filtracji w kolejnych warstwach (aluwialnej, międzymorenowej i spągowej) wynoszą: $k_1 = 27,8$ m/d, $k_2 = 17,8$ m/d, $k_3 = 13,0$ m/d; wysokie wartości w warstwie aluwialnej są związane z dużym udziałem żwirów w profilu. Jednocześnie w głębszych warstwach pogarszają się warunki zasilania infiltracyjnego z powodu izolacji przez twory morenowe. Ponadto dobre parametry warstwy aluwialnej nie mogą być w pełni wykorzystane z powodu zagrożenia zanieczyszczeniem z powierzchni terenu oraz ograniczonej możliwości depresjonowania. Uwzględnienie tych okoliczności pozwoliło na znalezienie konfiguracji pracy ujęcia, przy której jest możliwe uzyskanie wydajności $Q_e = 2000$ m³/h (tab. 6.3.1). W tabeli zwracają uwagę stosunkowo niskie wydajności i depresje indywidualne w studniach ujmujących warstwę aluwialną. Wydajności i depresje eksploatacyjne poszczególnych studni pokazano również na rysunku 6.3.2.

Zlokalizowane w dolinie rzeki ujęcie Jurowce jest zasilane w znacznym stopniu przez wody rzeczne. Jak wykazała symulacja modelowa pracy ujęcia, podczas eksploatacji z wydajnością równą zasobom eksploatacyjnym około 50% dopływu do ujęcia będzie pochodzić z rzeki Supraśl. Zjawisko to wystąpi na odcinku około 2,5 km biegu rzeki. Infiltracji sprzyja ułatwiony kontakt wód rzecznych z warstwą wodonośną, bowiem rzeka zerodowała słabo przepuszczalną warstwę torfów i płynnie bezpośrednio po utworach piaszczystych, stanowiących wodonośnic warstwy aluwialnej. Stosunkowo duży przepływ w rzece (SSQ w wieloleciu 1976–1991 w przekroju Fasty wynosił 8,62 m³/s) sprawia, że wielkość infiltracji z rzeki do ujęcia stanowi zaledwie 3,2% przepływu rzeki i nie jest w żadnym razie zagrożeniem dla jej przepływu nienaruszalnego. Spośród 40 studni ujęcia zaledwie 9 ujmuje warstwę spągową. Pozostałe bazują na warstwie aluwialnej i międzymorenowej. Jest to więc w dużej mierze ujęcie infiltracyjne.

Podstawowym problemem ujęcia Jurowce nie jest ilość wody, bowiem zbiornik wodonośny jest tu bardzo zasobny, ale jej jakość. Pradolina poza cienką warstwą torfów praktycznie pozbawiona jest izolacji od powierzchni terenu, co stwarza niebezpieczeństwo antropogenicznego zanieczyszczenia wodonośca i konieczność utrzymywania strefy ochrony pośredniej. Ważnym elementem jest także dbałość o dobrą jakość wody w rzece.

Obok zagrożeń antropogenicznych problemem są naturalne czynniki geogeniczne, pogarszające jakość wód czwartorzędowego piętra wodonośnego, takie jak zwiększona zawartość żelaza, jonu amonowego i podwyższona utlenialność.

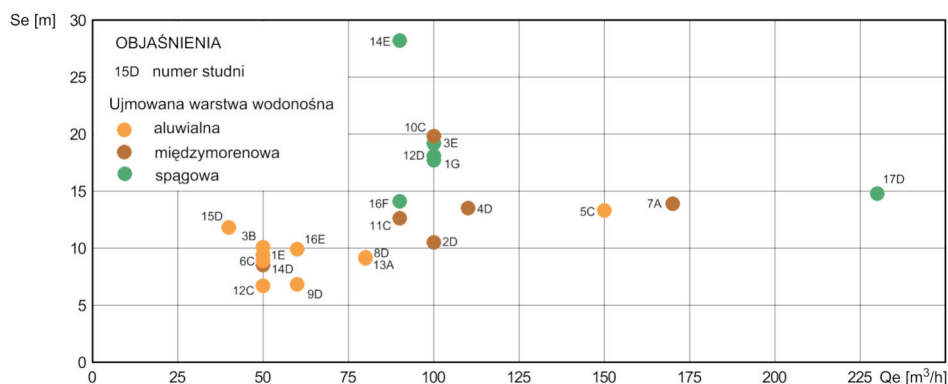
Z podwyższoną zawartością żelaza wiąże się zjawisko kolmatacji filtrów i stosunkowo krótka żywotność studni – przeciętnie około 10 lat. Proces ten w największym stopniu dotyka studnie ujmujące warstwę aluwialną – w ciągu pierwszych 3–4 lat tracą one ponad połowę pierwotnej wydajności. Bardziej stabilne są studnie

Tabela 6.3.1. Wydajności i depresje eksploatacyjne w studniach ujęcia w Jurowcach

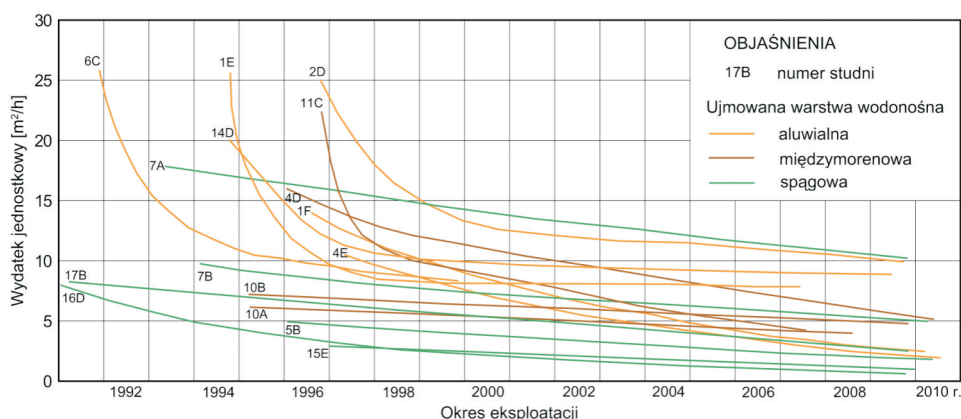
Nr studni	Ujęta warstwa wodonośna*	Wydajność eksploatacyjna [m ³ /h]	Wydatek jednostkowy z okresu budowy studni [m ² /h]	Wydatek jednostkowy po 5 latach eksploatacji studni [m ² /h]	Depresja indywidualna S _i [m]	Rzędna zwierciadła dynamicznego [m n.p.m.]**	Depresja rejonowa S _r [m]**	Depresja eksploatacyjna S _e = S _i + S _r [m]
1E	1	50	26,39	8	6,3	112,7	3,1	9,4
1G	3	100	7,83	7,6	13,2	111,8	4,5	17,7
2D	1+2	100	24,56	13,3	7,5	112,5	3,0	10,5
3B	1	50	32,6	7,6	6,3	111,6	3,8	10,1
3E	3	100	16,04	10,0	13,5	110,3	5,7	19,2
4D	1+2	110	16,04	10,0	11,0	112,5	2,5	13,5
5C	1	150	22,94	17,2	8,7	110,9	4,6	13,3
6C	1	50	26,4	10,0	5,0	111,2	3,9	8,9
7A	2	170	27,9	17,5	9,7	111,1	4,2	13,9
8D	1	80	42,0	15,0	5,3	111,3	3,9	9,2
9D	1	60	21,25	14,0	4,3	112,5	2,5	6,8
10C	2	100	11,76	7,0	14,3	110,0	5,5	19,8
11C	1+2	90	21,77	9,0	10,0	113,0	2,6	12,6
12C	1	50	40,1	17,8	2,8	111,3	3,9	6,7
12D	3	100	8,36	8,3	12,0	109,5	6,1	18,1
13A	1	80	18,78	15,0	5,3	111,5	3,8	9,1
14D	1+2	50	19,84	10,0	5,0	112,2	3,5	8,5
14E	3	90	6,81	4,0	22,5	110,5	5,7	28,2
15D	1	40	12,4	6,0	6,7	110,4	5,1	11,8
16E	1	60	20,48	10,0	6,0	111,4	3,9	9,9
16F	3	90	6,37	11,0	8,2	109,8	5,9	14,1
17D	3	230	44,07	23,4	9,8	110,4	5,0	14,8

*1 – warstwa aluwialna, 2 – warstwa międzymorenowa, 3 – warstwa spągowa

** wartości wymuszone pracą pozostałych studni ujęcia – z wyłączonej studnią analizowaną



Rys. 6.3.2. Wydajności i depresje eksploatacyjne studni



Rys. 6.3.3. Zmiany wydajności studni w okresie eksploatacji

głębsze, zwłaszcza ujmuje warstwę spągową. W tym przypadku spadek wydajności jest mniejszy i stały w okresie eksploatacji (rys. 6.3.3). Nakłada to na użytkownika konieczność budowy studni zastępczych ujmujących warstwę spągową, co jest związane z dużymi kosztami.

Stosowany do tej pory przez Wodociągi Białostockie system uzdatniania wody nie redukuje utlenialności do wartości dopuszczalnych. Stwarza to konieczność takiego rozkładu eksploatacji na poszczególne studnie ujęcia, przy którym większy udział mają studnie poziomu spągowego (gdzie utlenialność jest mniejsza), kosztem studni płytszych (o lepszych wydatkach jednostkowych, ale gorszych parametrach jakościowych wody, a zwłaszcza podwyższonej utlenialności).

Użytkownik prowadzi systematyczne, comiesięczne pomiary wszystkich 40 studni ujęcia i raz na dwa miesiące pomiary 14 piezometrów położonych wokół ujęcia. Dzięki pomiarom depresji i wydajności w studniach możliwe było sporządzenie wykresów spadku wydatków jednostkowych w czasie eksploatacji studni.

Historia badań hydrogeologicznych

Budowa ujęcia w Jurowcach i dokumentowanie zasobów wód podziemnych odbywało się etapowo. Pierwsze otwory studzienne, stanowiące podstawę późniejszych zespołów, zostały odwiercone w latach 1961–1965. Były to otwory o numerach 1–13. Zatwierdzono wówczas zasoby eksploatacyjne w kategorii B, w wysokości 1431 m³/h, z utworów czwartorzędowych (decyzja prezesa CUG z dnia 4 lutego 1966 r.).

W latach 1970–71 wykonano studnie nr 14–17. W następnych latach wykonywane były, w ramach poszczególnych zespołów o numerach 1–17, kolejne otwory zastępcze już istniejących studni. Ich numerację tworzą poprzez dodanie do numeru zespołu indeksów literowych A–G. Wydajności eksploatacyjne ustalane były w kolejnych aneksach do dokumentacji hydrogeologicznej z 1966 r.

Ważnym etapem badań było opracowanie w 1994 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A. Zakład w Warszawie „Dokumentacji hydrogeologicz-

nej zasobów wód podziemnych rejonu Białegostoku” (Madejski i in., 1994). Wykonano wówczas model numeryczny obszaru o powierzchni około 500 km², obejmującego zlewnię środkowej i dolnej Supraśli, na którym zasymulowano pracę wszystkich większych ujęć wód podziemnych. W oparciu o tę dokumentację zatwierdzono zasoby eksploatacyjne wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla ujęcia Jurowce w wysokości łącznej 1760 m³/h (decyzja MOŚZNiL nr KDH/013/5880/95 z dn. 28 czerwca 1995 r.). Zasoby ustalono według stanu na grudzień 1994 r., określając limit czasowy do 2010 r.

W roku 2009 wykonano lokalny model numeryczny o powierzchni 94 km², obejmujący odcinek doliny Supraśli z ujęciami: Fasty (Zakłady Przemysłu Bawełnianego – 6 km na W od Jurowców, $Q = 1451 \text{ m}^3/\text{d}$), Jurowce ($Q = 22\,333 \text{ m}^3/\text{d}$) i Wasilków (3 km na E, $Q = 1249 \text{ m}^3/\text{d}$). Model objął również otaczające dolinę od N i S fragmenty Wysoczyzny Białostockiej. W 4-warstwowej strukturze obliczeniowej odwzorowano warunki hydrogeologiczne panujące w słabo przepuszczalnym nadkładzie na wysoczyźnie oraz w osadach czwartorzędowych Pradoliny Supraśli, do spągowej warstwy wodonośnej włącznie. Obliczono zasięgi leja depresji w międzymorenowej warstwie wodonośnej przy eksploatacji na 1995 r. ($\Sigma Q = 44\,185 \text{ m}^3/\text{d}$) oraz na 2005 r. ($\Sigma Q = 27\,403 \text{ m}^3/\text{d}$). Wyprowadzono bilanse przepływu dla stanu naturalnego i w warunkach eksploatacji, wskazujące na udział infiltracji z rzeki w zasilaniu ujęć (Olesiuk, Majer, 2009).

W związku z tym, że studnie ujmujące płytsze poziomy wodonośne (aluwialny i międzymorenowy) wykazują wysoką utlenialność, znacznie przekraczającą wartości dopuszczalne, w ostatnich latach użytkownik ujęcia dążył do większego wykorzystania warstwy spągowej. W tym celu w latach 2008–2009 wykonano 5 studni ujmujących tę warstwę wodonośną.

Do chwili obecnej na ujęciu Jurowce wykonano łącznie 88 otworów studziennych, z czego 29 zostało zlikwidowanych a 19 jest nieczynnych. Pozostałych 40 otworów jest czynnych i mogą być eksploatowane. Na terenie ujęcia i wokół niego znajduje się 14 piezometrów, które wykorzystywane są w systemie lokalnego monitoringu osłonoowego.

Z punktu widzenia ochrony struktury wodonośnej, w obrębie której położone jest ujęcie Jurowce, na szczególną uwagę zasługuje wykonana w 1995 r. przez POLGEOL S.A. Zakład w Warszawie „Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia stref ochronnych GZWP nr 218 – pradolina rzeki Supraśl” (Madejska i in., 1995). W dokumentacji tej określono granice tego zbiornika, zasięg jego strefy ochronnej i oszacowano wielkość zasobów odnawialnych.

Warunki hydrogeologiczne

Budowa geologiczna w obrębie Pradoliny Supraśli charakteryzuje się dużą zmiennością litologiczną osadów zarówno w profilach pionowych, jak i w rozprzestrzenieniu poziomym, co ma wpływ na warunki hydrogeologiczne w rejonie ujęcia Jurowce.

Generalnie w obrębie piętra czwartorzędowego można tu wyróżnić 3 warstwy wodonośne, pozostające we wzajemnej więzi hydraulicznej:

- warstwę przypowierzchniową (aluwialna) związaną z serią piasków fluwiogłajalnych i aluwialnych,

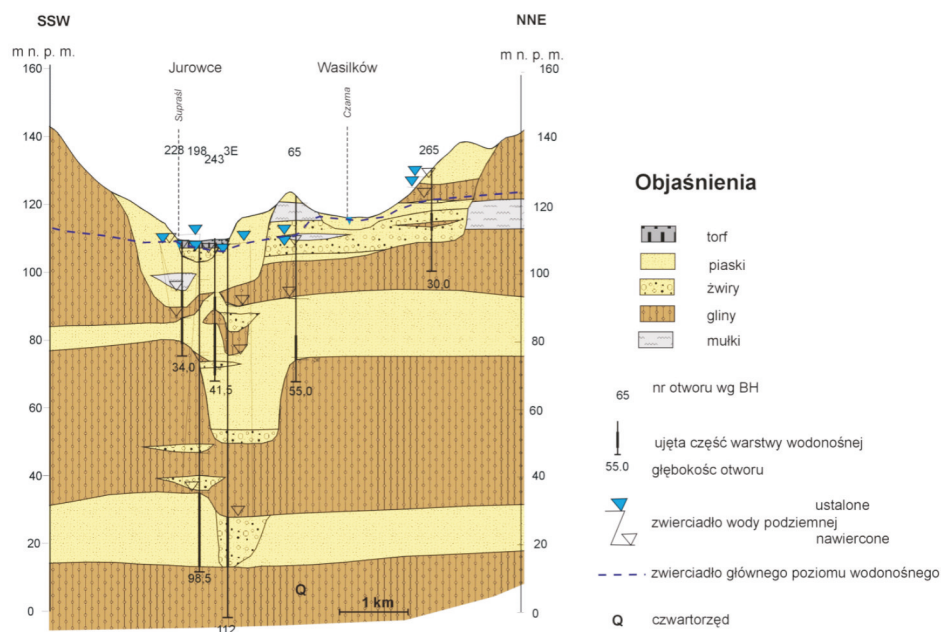
- warstwę międzymorenową związaną z utworami piaszczysto-żwirowymi interglacjału Pilicy,
- warstwę spągową występującą w piaskach interglacjału mazowieckiego.

Zasięg warstwy przypowierzchniowej (aluwialnej) ograniczony jest praktycznie do pradoliny. Na wysoczyźnie występuje ona sporadycznie w obrębie piasków sandrowych. Warstwa ta pozbawiona jest izolacji od powierzchni terenu. Zwierciadło wody jest swobodne. W naturalnych warunkach warstwa jest drenowana przez rzekę. Przy pracy ujęcia z wydajnością zbliżoną do zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych następuje infiltracja wody z rzeki.

Warstwy międzymorenowa i spągowa mają zasięg większy i kontynuują się na wysoczyźnie. Zwierciadło wody ma w nich charakter napięty.

Poszczególne warstwy wodonośne rozdzielone są utworami słabo przepuszczalnymi – mułkami i glinami o zróżnicowanej miąższości. Miejscami warstwy wodonośne kontaktują się, niekiedy łączą się ze sobą bezpośrednio, tworząc jeden kompleks piaszczysto-żwirowy, osiagający miąższość do 100 m.

Najwyższe rzędne zwierciadła wody czwartorzędowego piętra wodonośnego występują na wysoczyznach – na SE od Białegostoku, w rejonie Zabłudowa, przekraczają one 150 m n.p.m. Najniższe wartości występują w dolinie Supraśli – poniżej 110 m n.p.m. Na wysoczyznach zwierciadło wody poziomy przypowierzchniowego stabilizuje się wyżej niż w poziomach głębszych, w dolinie Supraśli relacja ta jest odwrotna. Tutaj poziom przypowierzchniowy zasilany jest dodatkowo przez poziomy wgłębne. W skali regionalnej poszczególne poziomy czwartorzędowego piętra wodonośnego pozostają we wzajemnej więzi hydraulicznej, tworząc jeden



Rys. 6.3.4. Przekrój hydrogeologiczny przez ujęcie Jurówce

wspólny zbiornik wód podziemnych. Obszary alimentacyjne tego zbiornika położone są na wysoczyznach. Zasilanie odbywa się drogą bezpośredniej infiltracji w rejonach pozbawionych izolacji bądź w sposób pośredni – drogą przesączania przez półprzepuszczalny nadkład. Główną bazą drenażu jest rzeka Supraśl, a na zachodzie Narew. Schemat warunków hydrogeologicznych w rejonie ujęcia Jurowce obrazuje przekrój hydrogeologiczny (rys. 6.3.4).

Opis ujęcia i infrastruktury systemu wodociągowego

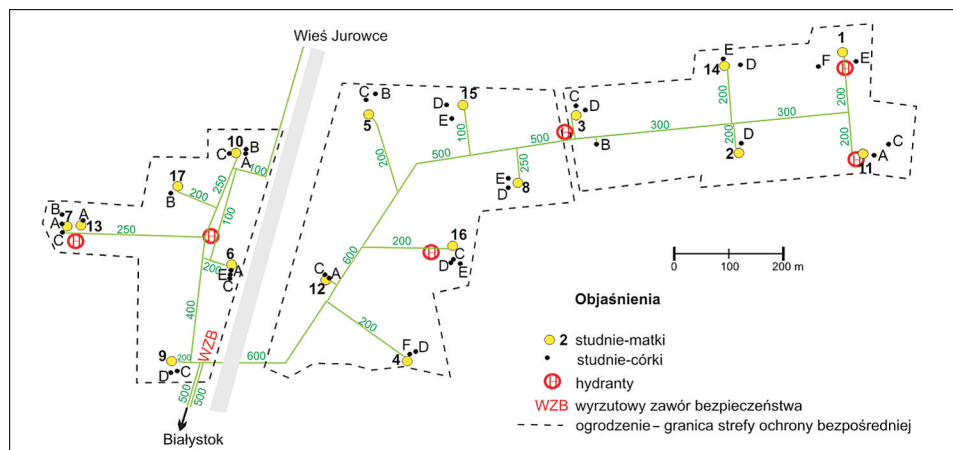
W roku 2010 na ujęciu Jurowce znajdowało się 40 potencjalnie czynnych studni. Są to studnie o numerach: 1E–G, 2D, 3B–E, 4D, E, 5B, C, 6B, C, 7A–C, 8D, E, 9C, D, 10A–C, 11A, C, 12A, C, D, 13A, 14 D, E, 15D, E, 16C–F, 17B, D.

Poszczególne studnie ujmują do eksploatacji różne warstwy wodonośne – stąd ich konstrukcja jest różna. Studnie zafiltrowane w warstwie aluwialnej mają zwykle głębokość około 30 m. Wykonane są na ogół w rurach o średnicy 20", które po zafiltrowaniu usunięto z otworu. W otworach tych zamontowano filtry siatkowe Ø 14" z obsypką. Długość części roboczej filtra jest zależna od profilu litologicznego, ale zwykle wynosi około 10 m.

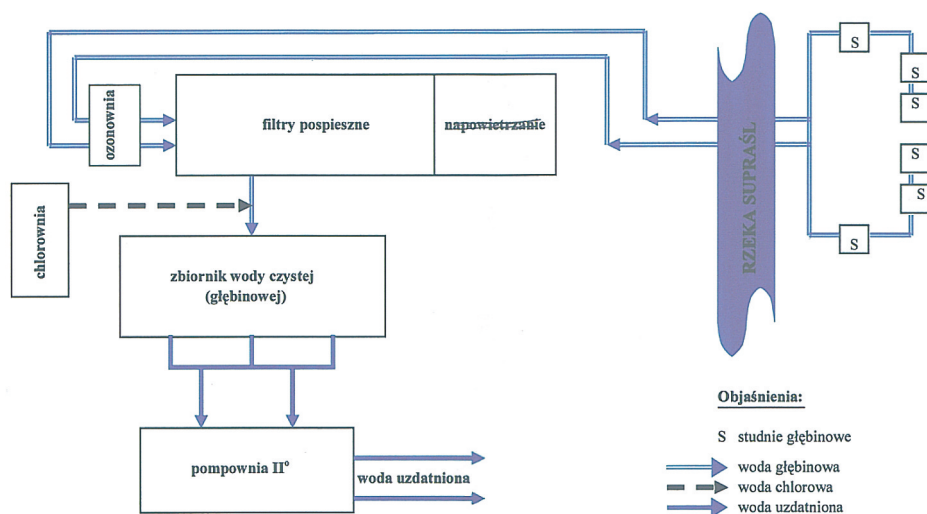
Typowa studnia ujmująca warstwę międzymorenową ma głębokość 60–70 m, filtr siatkowy Ø 12" z obsypką i jest wykonana w rurach 16". Długość części roboczej filtra, dostosowana do miąższości warstwy wodonośnej, może przekraczać nawet 20 m. Pompa opuszczona jest zwykle w rurach eksploatacyjnych 20".

Studnie eksploatujące warstwę spągową mają zwykle około 100 m głębokości, filtr siatkowy o średnicy 11¾" opuszczony w rurach 18", które po wykonaniu obsypki podciągną do odsłonięcia części roboczej i pozostawiano w otworze jako eksploatacyjne. Schemat ujęcia pokazano na rysunku 6.3.5.

Ujęcie składa się z 17 zespołów studziennych. W każdym z nich studnie najstarsze, tzw. pierwszej generacji (studnie-matki wg nomenklatury użytkownika), mają obudowy naziemne betonowe. Wewnątrz znajduje się głowica studzienna oraz przewód tłoczny zaopatrzony w zawór zwrotny, zasuwę klinową, wodomierz i kran



Rys. 6.3.5. Schemat ujęcia wody Jurowce



Rys. 6.3.6. Schemat technologiczny procesu uzdatniania wody z ujęcia Jurowce

do poboru wody. W obudowach studni pierwszej generacji znajdują się ponadto węzły hydrauliczne dla studni kolejnych generacji. Obudowy studni kolejnych generacji (tzw. studni-córek) są typu lekkiego, wykonane z gotowych elementów. W studniach opuszczone są pompy głębinowe.

Z poszczególnych zespołów studziennych woda tłoczona jest rurami, na ogół o średnicy 200 mm, do przewodów głównych $\varnothing$ 300–600 mm, a stąd za pomocą dwóch rurociągów zbiorczych $\varnothing$ 500 mm do stacji uzdatniania wody na odległość około 2,5 km.

Cykl technologiczny uzdatniania wody na terenie stacji obejmuje 3 procesy: ozonowanie wody surowej, filtrację i dezynfekcję (chlorowanie). Schemat technologiczny uzdatniania wody przedstawiono na rysunku 6.3.6.

Ozonowanie wody surowej odbywa się w zakładzie ozonowania wstępnego – proces ten zastąpił poprzednio stosowane napowietrzanie.

Filtracja odbywa się w systemie 8 otwartych filtrów pospiesznych, gdzie właściwym złożem filtracyjnym jest piasek. Uzdatniona woda gromadzona jest w 3 zbiornikach o pojemności całkowitej 25 tys. m³, a stamtąd poprzez pompownię tłoczona do sieci miejskiej. Zespoły pomp powierzchniowych pompowni tłoczą uzdatnioną wodę do 2 rurociągów o średnicy 600 mm.

We wszystkich czynnych studniach ujęcia prowadzone są systematyczne co-kwartalne badania jakości wody. Pomiary położenia zwierciadła dynamicznego i statycznego w studniach wykonywane są w każdym miesiącu, obserwacje głębokości do zwierciadła wody w piezometrach – co drugi miesiąc.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Zasoby eksploatacyjne w pierwszej dokumentacji z roku 1965 określono metodami analitycznymi w oparciu o wyniki indywidualnych próbnych pompowań studni.

Odwiercenie otworów eksploatacyjnych poprzedziło jednak szczegółowe rozpoznanie geologiczne rejonu i wykonanie około 30 otworów obserwacyjnych. W trakcie próbnych pompowań studni dokonywano pomiarów w otworach obserwacyjnych i innych już wykonanych studniach. Pozwoliło to m.in. prawidłowo określić promienie lejów depresji poszczególnych studni i zweryfikować wyniki obliczeń wzorami empirycznymi. Wartość promienia depresji liczono według wzoru Kusakina dla swobodnego zwierciadła wody.

Pompowania indywidualne prowadzono na 3 stopniach dynamicznych w czasie nie krótszym niż 24 h na każdym stopniu, licząc od momentu ustalenia się depresji. Parametry hydrogeologiczne określono według wzorów klasycznych dla filtracji ustalonej. Zasoby eksploatacyjne ujęcia określono jako sumę indywidualnych wydajności eksploatacyjnych poszczególnych studni, skorygowanych proporcjonalnie do wielkości depresji w otworach obserwacyjnych. Zastosowano tu zasadę superpozycji, sumując poszczególne obniżenia. W ten sposób określono teoretyczne prognozowane depresje w poszczególnych studniach podczas pracy zespołowej.

Należy podkreślić, że autor dokumentacji sugerował konieczność wykonania pompowania zespołowego. Jednakże zespół KDH na wyjazdowym posiedzeniu w Białymstoku uznał, że pompowanie takie nie jest konieczne. Argumentem za taką decyzją były wysokie wydatki jednostkowe, małe depresje w studniach, stosunkowo duże odległości między otworami (200–300 m) i znaczne koszty zainstalowania niezbędnych urządzeń. Czas pokazał, że decyzja ta była słuszna. Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono w wysokości 1431 m³/h. Należy zaznaczyć, że nie określono wówczas obszaru zasobowego ani zasięgu leja depresji dla całego ujęcia.

Kolejne otwory, traktowane początkowo jako zastępcze lub awaryjne, dokumentowane były aneksami do wspomnianej wyżej dokumentacji. Ustalano w nich tylko wydajności eksploatacyjne nowych studni, zaś zasoby eksploatacyjne całego ujęcia pozostawały bez zmiany. Wydajności te określano na podstawie próbnych pompowań, przeprowadzonych bezpośrednio po wykonaniu otworów. Do roku 1994, mimo stałej rozbudowy ujęcia i powstawania nowych studni, zasoby ujęcia nie ulegały zmianie. Trzeba jednak zaznaczyć, że równocześnie część starych studni była likwidowana. W 1994 r. ujęcie pracowało z wydajnością równą zatwierdzonemu zasobom (ok. 1400 m³/h).

W „Dokumentacji zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych rejonu Białegostoku” (1994 r.) wykonanej przez zespół pod kierownictwem Cezarego Madejskiego zasoby eksploatacyjne ujęcia Jurowce określono w oparciu o model numeryczny z wykorzystaniem pakietu programów HYDRYLIB. Był to model trójwarstwowy o niejednorodnej, prostokątnej siatce dyskretyzacyjnej. Model został wytarowany na aktualną mapę hydroizohips, wykonaną przy zastosowaniu kartowania hydrogeologicznego obszaru, przy zadanej rzeczywistej eksploatacji wszystkich głównych ujęć rejonu, w tym aktualnego poboru ujęcia Jurowce. Po wytarowaniu modelu dokonano symulacji z eksploatacją prognozowaną, równą perspektywicznemu zapotrzebowaniu na wodę dla Białegostoku. W przypadku Jurowców było ono wyższe o 25% w stosunku do dotychczasowych zasobów. Wykonano kilka symulacji optymalizujących pobór wód we wszystkich czynnych ujęciach ba-

danego obszaru. Stwierdzono, że istnieje możliwość pokrycia perspektywicznego poboru z komunalnego ujęcia w Jurowcach. W wyniku optymalizacji eksploatacji stwierdzono, że korzystne jest przeniesienie środka ciężkości poboru na północ od miasta z uwagi na istnienie na terenie aglomeracji ujemnych skutków eksploatacji w postaci lokalnych lejów depresji.

Zasoby eksploatacyjne dla ujęcia Jurowce określono w wysokości 1760 m³/h. Jako obszar zasobowy dla całego dokumentowanego rejonu przyjęto obszar modelu, tj. powierzchnię około 460 km². Sporządzono mapy hydroizohips prognozowanego zwierciadła wody z proponowaną eksploatacją poszczególnych ujęć – dla każdej modelowanej warstwy wodonośnej osobno. Na mapach zaznaczono obszar leja depresji ograniczony wielkością obniżenia 1 m. Na mapie hydroizohips dla pierwszej warstwy (aluwialnej) obszar leja ujęcia Jurowce w obrębie izolinii 1 m zajmuje powierzchnię około 4 km². Lej jest asymetryczny względem ujęcia i wyciągnięty w kierunku NW. Na SE od ujęcia ograniczony jest przez rzekę Supraśl. Na modelowej mapie hydroizohips drugiej warstwy (międzymorenowej) zaznaczono regionalny lej depresji dla Białegostoku. Obejmuje on ujęcie Jurowce i cały teren miasta. Na mapach prognozowanego zwierciadła wody nie zaznaczono obszaru zasobowego ujęcia Jurowce ani obszaru spływu do tego ujęcia.

Wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęcia Jurowce określona w dokumentacji zasobowej z 1965 r. została pozytywnie zweryfikowana wieloletnią eksploatacją ujęcia. W latach 1988–1993 ujęcie Jurowce pracowało bowiem z wydajnością 1250–1400 m³/h, a więc zbliżoną do zatwierdzonych zasobów. W tym czasie nie zanotowano żadnych większych objawów świadczących o przeeksploatowaniu zasobów. Wydatek jednostkowy poszczególnych studni wprowadzie systematycznie spadał, ale związane to było z procesem kolmatacji filtrów i strefy przyfiltrowej. Kolejne studnie zastępcze wykazywały wydajności porównywalne z parametrami studni podstawowych.

Zasoby eksploatacyjne dla ujęcia komunalnego w Jurowcach określone w dokumentacji z 1994 r. praktycznie nie zostały zweryfikowane poprzez wieloletnią eksploatację, gdyż począwszy od 1995 r. pobór wód podziemnych na ujęciu systematycznie spadał i nigdy nie osiągnął wielkości określonej w decyzji zasobowej.

Charakterystyka poboru wody i jej jakości w odniesieniu czasowym

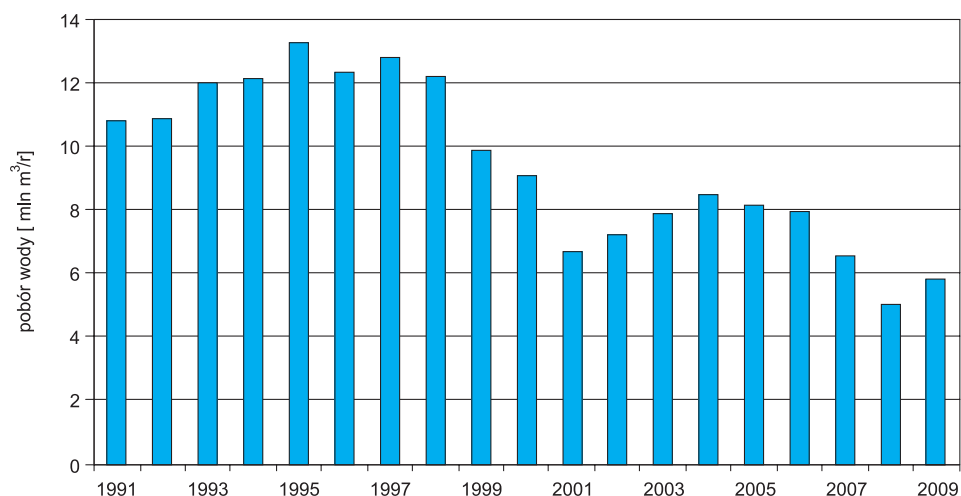
Analizę poboru wody na ujęciu Jurowce przeprowadzono dla okresu 1991–2009 – nie dysponowano dokładnymi danymi z lat poprzednich. O wielkości poboru w pierwszych latach pracy ujęcia można sądzić jedynie w oparciu o informacje zawarte w dokumentacjach zasobowych, aneksach oraz operacie wodnoprawnym. Z informacji tych wynika, że pobór ten systematycznie wzrastał do wielkości zatwierdzonych zasobów i utrzymywał się w zakresie 1250–1400 m³/h przez kilka lat. Zmienność poboru w latach 1991–2009 przedstawiono w tabeli 6.3.2 oraz na wykresach (rys. 6.3.7, 6.3.8).

Określenie jakości wody z poszczególnych warstw wodonośnych stwarza pewne trudności ze względu na to, że niektóre studnie ujęcia Jurowce ujmują do eksploatacji dwie, a czasem trzy warstwy równocześnie. Wody podziemne w poszczególnych warstwach wodonośnych charakteryzują się podobnym chemizmem. Są to

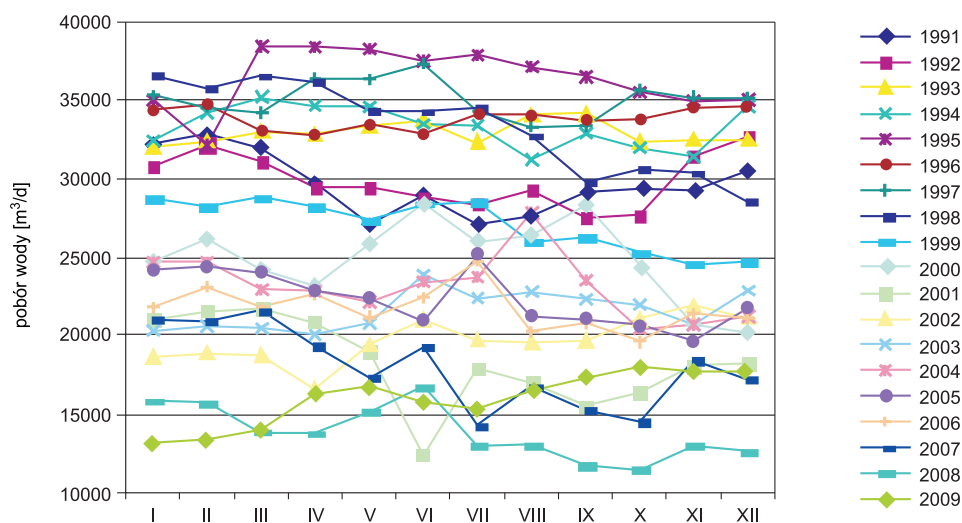
wody dwujonowe typu $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$, zazwyczaj średnio twarde, rzadziej twarde, słodkie – o niskiej suchej pozostałości (generalnie poniżej 500 mg/l). Charakteryzują się one odczynem słabo zasadowym. Ocenę jakości wody ujęcia Jurowce dokonano w oparciu o analizy wody surowej z lat 1996–2009 dla wybranych studni. Studnia 4D (rok budowy 1995) jest przykładem studni ujmującej aluwialną warstwę wodonośną. Studnia 1F została wykonana w roku 1996 i ujmuje dwie warstwy: aluwialną i międzymorenową. Studnia 16D z roku 1991 jest przykładem studni ujmującej wody ze spągowej warstwy wodonośnej, zaś studnia 3B (wykonana w 1981 r.) – wszystkie trzy warstwy wodonośne.

Tabela 6.3.2. Wielkość poboru wody ujęcia Jurowce

mies./r.	Pobór wody ujęcia Jurowce w latach 1991–2009 w m ³									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I	997250	954120	991830	1003840	1084330	1065870	1094800	1134490	888790	767020
II	919052	899020	906065	957440	898650	972240	965340	999890	788870	731320
III	989530	962774	1022050	1090040	1190330	1023620	1059360	1132130	890790	750860
IV	891560	883040	985250	1039150	1150490	984220	1090820	1085840	844810	695787
V	838810	912730	1033690	1070860	1184830	1035890	1125500	1063500	846830	800520
VI	867560	862840	1010740	1003200	1123480	984960	1118410	1027700	851574	853440
VII	840480	879290	1000360	1034700	1173380	1056060	1063200	1068740	884405	805770
VIII	856380	905359	1054840	966350	1150360	1055440	1032500	1013670	804537	815510
IX	873180	824880	1023490	986350	1094540	1012290	999400	893540	786329	849900
X	911880	856860	1002350	990190	1099040	1047830	1105750	948190	783290	762110
XI	875030	943050	973250	942270	1047380	1033880	1054720	910690	736590	621490
XII	945120	1011260	1005740	1072490	1084910	1071850	1087670	884690	765070	627470
Rok	10805832	10895223	12009655	12156880	13281720	12344150	12797470	12163070	9871885	9081197
Qdśr	29605	29850	32903	33307	36388	33820	35062	33323	27046	24880
mies./r.	Pobór wody ujęcia Jurowce w latach 2001–2009 w m ³									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I	651020	577833	629461	765282	750162	676192	650442	491202	407966	
II	602250	528519	575639	691659	681021	647321	585561	439342	372723	
III	674800	581828	633937	710611	745557	675427	668668	429808	435526	
IV	623500	497069	601128	683858	685823	679167	581186	413774	487210	
V	587780	601662	643813	686302	693414	655526	536986	469602	517948	
VI	371930	629858	715866	701218	627216	671936	578324	501168	472795	
VII	554830	611456	693250	735263	777362	767172	441205	403098	473151	
VIII	527850	606481	706055	861768	657051	628907	520230	404380	512200	
IX	466140	590556	669362	705478	630035	622955	456762	351499	520089	
X	509310	651785	680281	633066	642790	607870	449690	356548	559556	
XI	541800	656479	620304	620340	587792	641097	552851	390934	530270	
XII	566949	656010	707789	657486	673388	654203	534212	391226	548006	
Rok	6678159	7189536	7876885	8452331	8151611	7927773	6556117	5042581	5837440	
Qdśr	18296	19697	21581	23094	22333	21720	17962	13815	15993	



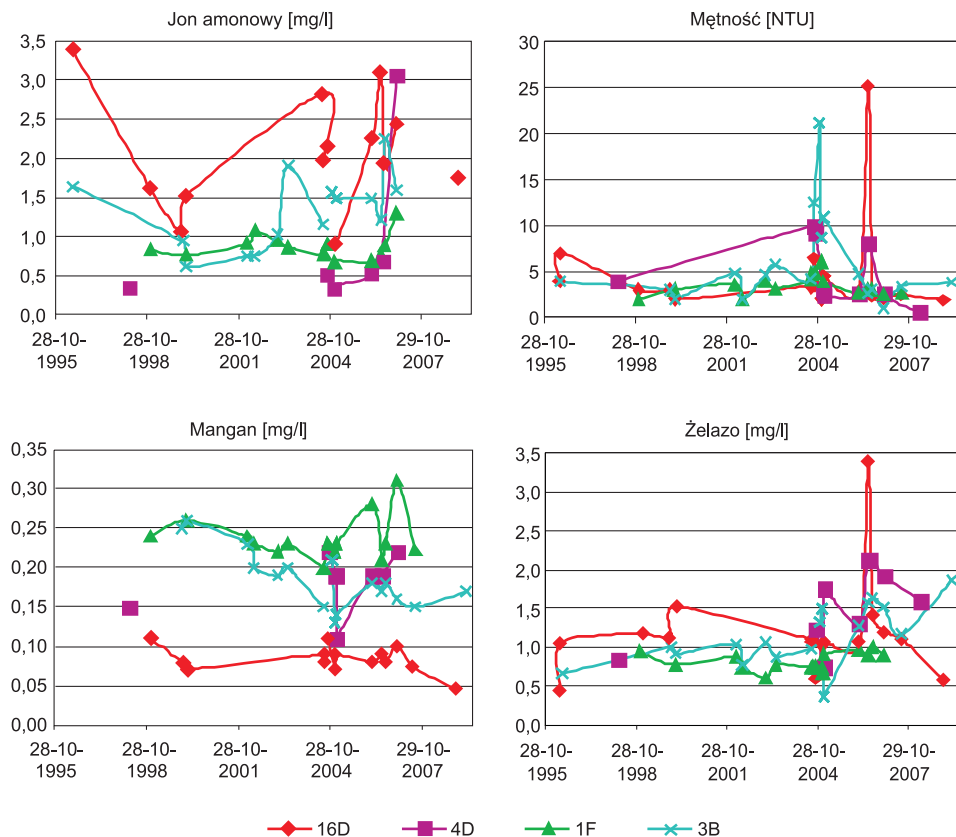
Rys. 6.3.7. Zmienność poboru rocznego ujęcia Jurowce w okresie 1991–2009



Rys. 6.3.8. Zmienność średniego miesięcznego poboru dobowego ujęcia Jurowce

Woda czwartorzędowego piętra wodonośnego na ujęciu w Jurowcach zawiera podwyższone zawartości żelaza, manganu i sporadycznie jonu amonowego w stosunku do ilości dopuszczalnych dla wód pitnych, określonych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. (Dz.U. nr 61, poz. 417 wraz z późn. zm.).

Ze zwiększoną zawartością żelaza i manganu wiąże się również podwyższona mętność. Woda ta wymaga jedynie prostego uzdatnienia. Pod względem bakteriologicznym woda z ujęcia w Jurowcach nie wykazuje zanieczyszczeń. Zakres zmienności wybranych parametrów przedstawiają wykresy (rys. 6.3.9).



Rys. 6.3.9. Wykresy zmienności stężenia jonu amonowego, manganu, żelaza oraz mętności w czasie

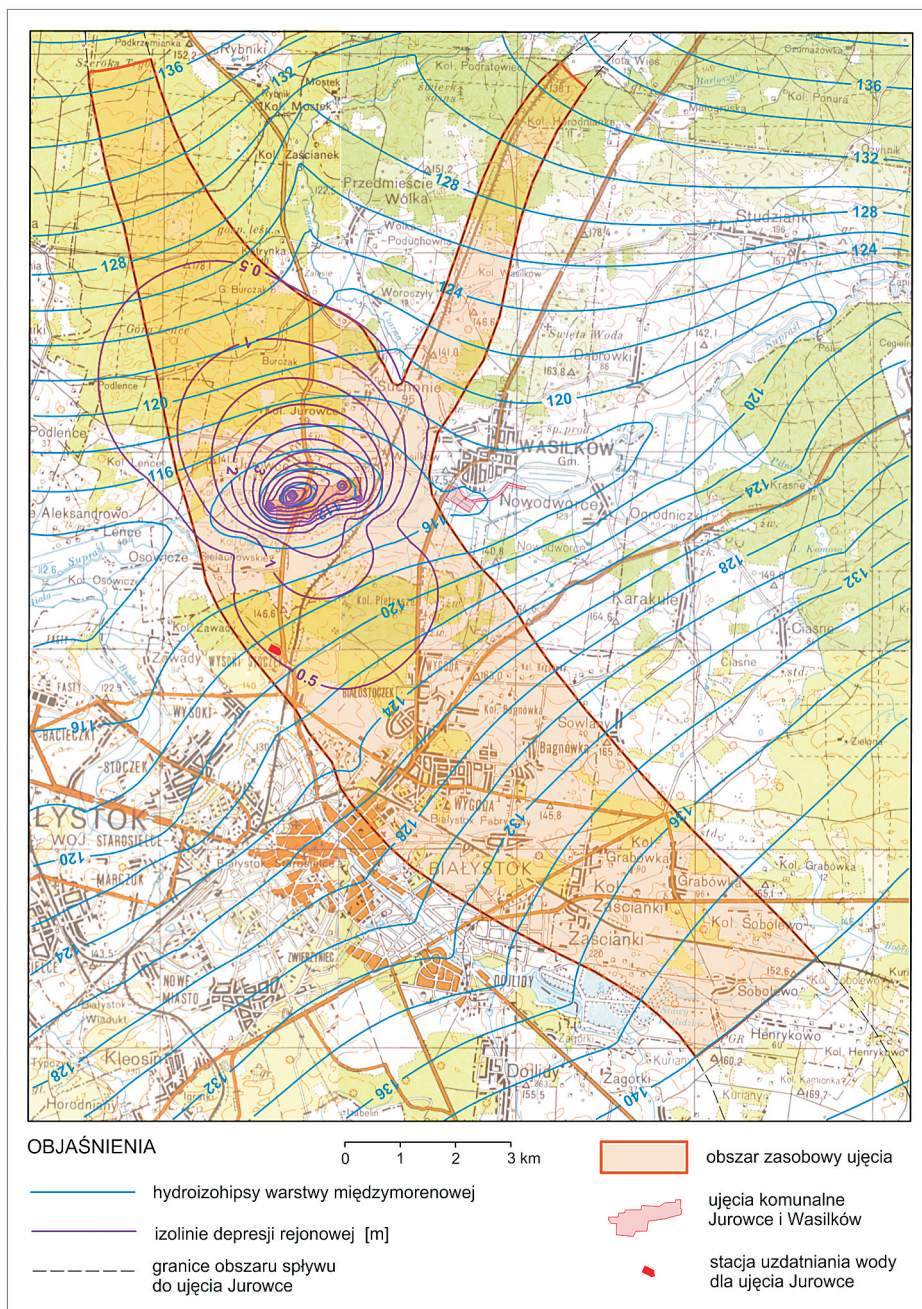
Charakterystyka hydrodynamiczna i oddziaływanie ujęcia na otoczenie

Charakterystykę hydrodynamiczną i oddziaływanie ujęcia na otoczenie podano w oparciu o badania z 2010 r, gdyż są one częścią realizowanej, nowej dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia Jurowce. Prezentowany obraz odpowiada zwiększonym w stosunku do stanu dotychczasowego o 13,6% zasobom eksploatacyjnym ujęcia.

Ujęcie funkcjonuje w zlewni podziemnej dolnego odcinka rzeki Supraśli – od ujęcia do miejscowości Supraśl, wyraźnie wyznaczonej przez lokalne działy wód podziemnych w czwartorzędowych warstwach wodonośnych. Na S zlewnia ta sięga poza granice Białegostoku, do linii miejscowości Juchowiec–Dobrzyniówka. Jej granica północna biegnie od Knyszyna do Czarnej Białostockiej.

Głównymi elementami kształtującymi hydrodynamikę tej zlewni są:

- strefa drenażowa doliny Supraśli – wymuszająca przepływ wód podziemnych z kierunków NNW oraz SSE,
- strefa drenażowa doliny Narwi i Jaskranki – drenująca zachodnią część zlewni,



Rys. 6.3.10. Mapa hydroizohips i depresji rejonowej ujęcia Jurowce przy poborze $Q_e = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$

- strefy drenażowe dolin Czarnej i Białej (dopływy Supraśli) – drenujące przypowierzchniowe warstwy wodonośne w centralnej i wschodniej części zlewni.

Elementami podrzędnymi, modyfikującymi w niewielkim stopniu naturalne pole hydrodynamiczne, są ujęcia komunalne i przemysłowe Białegostoku, w tym ujęcie Jurowce. Z wyjątkiem tego ostatniego, ich wpływ na stan wód podziemnych w skali rozpatrywanej zlewni jest praktycznie niewidoczny, co wiąże się z niewielkim i rozproszonym poborem.

Oddziaływanie ujęcia Jurowce na wody podziemne przy $Q_e = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ pokazano na rysunku 6.3.10. Zwraca na nim uwagę dominujący wpływ doliny Supraśli oraz regularny kształt depresji rejonowej ujęcia, zniekształcony po stronie południowej przez buforowe oddziaływanie rzeki. Widoczny jest również wpływ Czarnej, a w mniejszym stopniu Białej i ujęcia Wasilków. Kształt obszaru spływu do ujęcia jest wynikiem rozprzyszczenia strumienia wód podziemnych pomiędzy rzeki Supraśl i Czarną oraz ujęcia Jurowce i Wasilków.

Powierzchnia obszaru spływu do ujęcia wynosi $110,2 \text{ km}^2$, a jego zasięg wykracza poza rysunek wzdłuż zaznaczonych granic, aż do zewnętrznych wododziałów zlewni podziemnej. Obejmuje również niektóre ujęcia na terenie Białegostoku.

Pokazany na rysunku obszar zasobowy ujęcia ma powierzchnię $76,8 \text{ km}^2$ i zabezpiecza 80% zasobów eksploatacyjnych ujęcia w Jurowcach. W wyniku pracy ujęcia z proponowaną wydajnością eksploatacyjną nastąpi zmniejszenie odpływu wód podziemnych do stref drenażowych (tab. 6.3.3).

Tabela 6.3.3. Zmiany odpływu wód podziemnych do stref drenażowych

Strefa	Odpływ z wyłączonym ujęciem [m ³ /d]	Odpływ z pracującym ujęciem [m ³ /d]	Zmniejszenie odpływu	
			[m ³ /d]	[%]
Supraśl poniżej ujęcia	48 408	38 210	10 198	21,1
Supraśl powyżej ujęcia	54 331	45 231	9 100	16,7
Czarna	36 689	34 253	2 436	6,6
Razem	139 428	117 694	21 734	15,6

Zmiany jakości wód w trakcie eksploatacji ujęcia

Dysponowano analizami wody surowej z czynnych studni ujęcia Jurowce z lat 1996–2009. W studniach tych w miarę systematycznie określano zawartość żelaza, manganu, jonu amonowego, azotanów, azotynów, badana była także utlenialność. Pozostałe parametry jakościowe, w tym istotne dla określenia wpływu antropopresji chlorki i siarczany, oznaczane były sporadycznie. Należy również podkreślić, że w okresie eksploatacji zmieniała się metodyka wykonywanych analiz, np. zawartość związków azotu nie zawsze podawana była w przeliczeniu na czysty azot. Po szczególne analizy nie są więc w pełni porównywalne.

W rozpatrywanych latach 1996–2009 nie zaobserwowano żadnego trendu zmian jakości wód ujęcia Jurowce. Zaznaczyć jednak trzeba, że jest to zbyt mała ilość danych, aby jednoznacznie określić trend zmian jakościowych w analizowanym okresie.

W oparciu o dostępny zbiór danych można jednak z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że wpływ antropopresji na chemizm wód ujęcia Jurowce jest nieistotny.

W analizowanym czasie nie zaobserwowano wtórnego wzrostu stężeń związków żelaza i manganu wywołanego zdepresjonowaniem zwierciadła wody na skutek intensywnej eksploatacji ujęcia.

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków ich poboru

W analizowanym okresie 1994–2009 pobór wód z ujęcia nigdy nie przekroczył określonych w dokumentacji zasobowej wartości 1760 m³/h, tj. 42 240 m³/d. Jak wynika z rysunku 6.3.8 i tabeli 6.3.2, najwyższą wartość średniego poboru dobowego zanotowano w 1995 r. i wynosiła ona 36 388 m³/d. W latach późniejszych pobór średni dobowy wykazywał na ogół tendencję spadkową z okresowymi kulminacjami w roku 1997 i 2004. Najniższą wartość zanotowano w roku 2008 – 13 815 m³/d (tab. 6.3.2).

W dokumentacji z 1994 r. nie określono dopuszczalnych depresji indywidualnych w studniach ani depresji rejonowej, stąd trudno odnieść się do tych wartości w analizowanym okresie.

W latach 1996–2009 nie zaobserwowano wyraźnej tendencji zmian chemizmu wody w obrębie poszczególnych poziomów wodonośnych w związku z eksploatacją ujęcia.

Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Zamieszczone niżej uwagi na temat metod, obliczeń i prognoz zasobowych dotyczą aktualnie obowiązującej dokumentacji hydrogeologicznej, ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia Jurowce. Jest to opracowanie z 1994 r. (Madejski i in., 1994).

Dokumentacja ta była wykonana według obowiązujących wówczas przepisów prawnych i w momencie ich zmiany (rozporządzenie MOSZNiL z dnia 23 sierpnia 1994 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinna odpowiadać dokumentacja hydrogeologiczna i geologiczno-inżynierska; Dz.U. nr 93, poz. 444) znajdowała się w fazie realizacji uniemożliwiającej całkowite dostosowanie jej do nowych wymagań. W szczególności nie rozdzielono zagadnień i procedur obliczeniowych, dotyczących zasobów dyspozycyjnych rejonu od zasad dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych. Dokumentacja ta zawiera zarówno ustalenie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych z utworów czwartorzędowych rejonu Białegostoku – stan na grudzień 1994 r. – jak i propozycje ich podziału na użytkowe warstwy wodonośne i użytkowników, wśród których znalazły się też ujęcia komunalne Jurowce i Wasilków.

Taka koncepcja opracowania – z wyraźnymi cechami starych dokumentacji hydrogeologicznych, w których określano zasoby w kategorii B – spowodowała, że w następnych latach stosowano ją jako podstawę do wydawania pozwoleń wodnoprawnych na pobór wód podziemnych przez tamtejszych użytkowników ujęć, z limitem czasowym do 2010 r.

Oczywiście w jednym opracowaniu (i modelu numerycznym) trudno jest spełnić wszystkie wymagania odnoszące się do dokumentowania zasobów dyspozycyjnych zlewni podziemnej i jednocześnie przeprowadzić wystarczająco dokładne symulacje pracy poszczególnych ujęć w celu ustalenia ich zasobów eksploatacyjnych – stąd wynika rozdzielenie tych zagadnień na odrębne rodzaje dokumentacji hydrogeologicznych w obecnie obowiązujących przepisach.

W odniesieniu do zasobów dyspozycyjnych rejonu Białegostoku można sformułować uwagę, że zostały one ustalone dla zbyt małego obszaru bilansowego (463 km²), dla którego należało uwzględnić zasilanie zewnętrzne (warunek brzegowy I rodzaju) – co może być źródłem znacznego zawyżenia zasobów. Zagadnienie to jednak wykracza poza zakres oceny i zostało poruszone tylko dlatego, że przedstawione w omawianej dokumentacji zasoby eksploatacyjne ujęć (a ściślej ich suma) są odnoszone właśnie do zasobów dyspozycyjnych rejonu (są dokładnie równe zasobom dyspozycyjnym). W istocie jest to dokumentacja hydrogeologiczna w dawnej kategorii B, w której jedynie podstawiono nowe pojęcia, wprowadzone ww. rozporządzeniem.

W stosunku do (obecnych) zasobów eksploatacyjnych ujęcia Jurowce można wymienić szereg uwag krytycznych, które jednak w znacznym stopniu będą dotyczyć praktyki (i narzędzi) dokumentowania zasobów wód podziemnych w latach 90. Są to:

- zbyt mała rozdzielczość modelu numerycznego (bloki 350×400 m), uniemożliwiająca symulację warunków w poszczególnych studniach i ich wzajemnego oddziaływania podczas pracy zespołowej – w pojedynczych blokach modelu znalazły się 2 lub 4 zespoły studni;
- brak analizy i pominięcie wpływu kolmatacji filtrów na rzeczywiste wydajności eksploatacyjne studni;
- brak bilansu zasilania ujęcia z uwzględnieniem infiltracji z rzeki;
- nieokreślony obszar zasilania i obszar zasobowy ujęcia;
- odniesienie do poszczególnych ujęć (Jurowce, Wasilków) depresji regionalnej – a nie rejonowej, jak należało zrobić;
- ogólnie niekompletna dokumentacja tabelaryczna i graficzna uzyskanych wyników obliczeń zasobowych w odniesieniu do największego ujęcia w rejonie Białegostoku, jakim są Jurowce (43,7% zasobów dyspozycyjnych).

Należy stwierdzić, że ujęcie Jurowce do chwili obecnej (wrzesień 2010 r.) nie ma dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej jego zasoby eksploatacyjne zgodnie z obowiązującymi przepisami. Sytuację tę ma zmienić nowa, znajdująca się w końcowej fazie opracowania, dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia (Meszczynski i in., 2010).

Literatura

- Madejski C. i in., 1994. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych rejonu Białegostoku. Arch. Wodociągi Białostockie Sp. z o.o., Białystok.
- Madejska E. i in., 1995. Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia stref ochronnych GZWP nr 218 – pradolina rzeki Supraśl. POLGEOL S.A., Zakład w Warszawie.

Meszczyński J. i in., 2010. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne komunalnego ujęcia wód podziemnych dla Białegostoku w Jurowcach. PG POLGEOL S.A., Zakład w Lublinie.

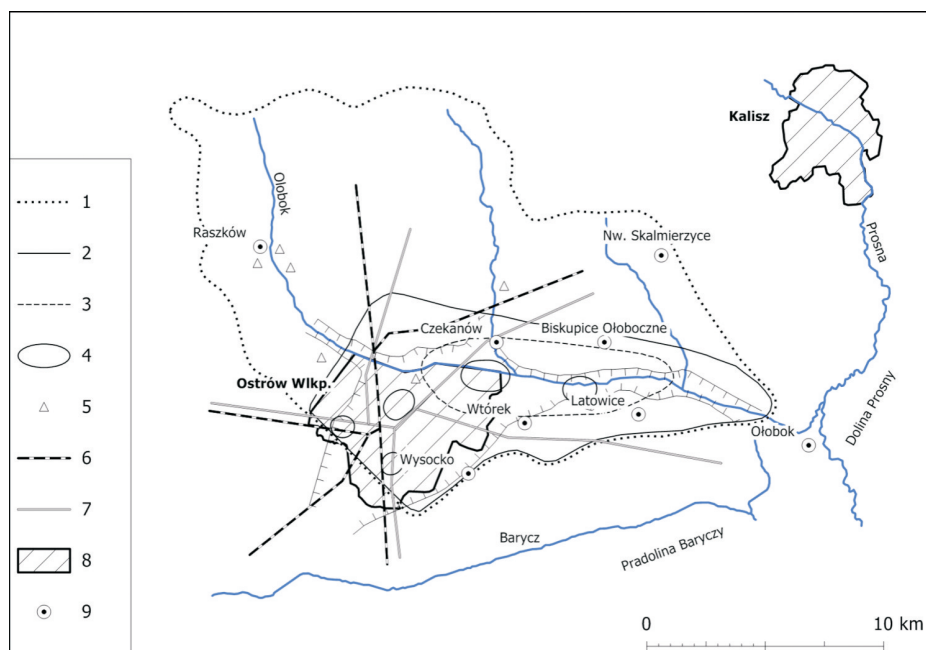
Olesiuk G., Majer K., 2009. Weryfikacja zasięgu leja depresji wokół ujęć w dolinie Supraśli na podstawie numerycznego modelu przepływu wód podziemnych. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 436. Warszawa.

6.3.2. Ujęcie Wtórek–Trąba–Kęszyce dla Ostrowa Wielkopolskiego

Jan Przybyłek, Maciej Przybyłek

Wstęp

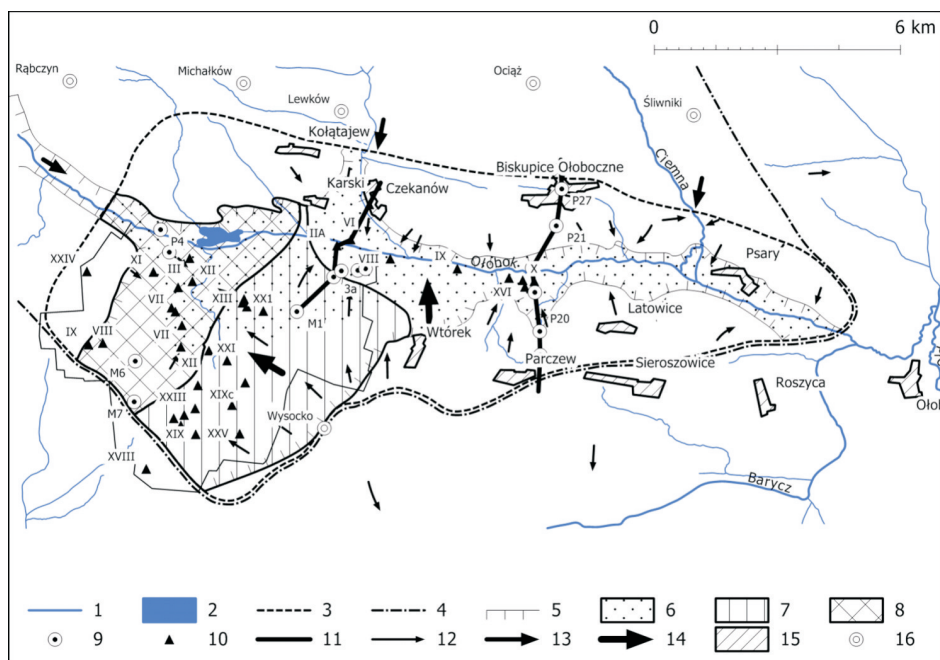
Komunalne ujęcie wody, położone 4 km na wschód od centrum Ostrowa Wielkopolskiego, składa się z trzech grup studni: Wtórek, Trąba, Kęszyce, rozmieszczonych w dolinie rzeki Ołobok (rys. 6.3.11, 6.3.12). Ujęcie ma udokumentowane zasoby eksploatacyjne z czwartorzędowych utworów wodonośnych w ilości 1360 m³/h przy



Rys. 6.3.11. Mapa zlewni Ołoboku z sytuacją ujęcia komunalnego i grup ujęć przemysłowych w Ostrowie Wielkopolskim

Objaśnienia: 1 – granica zlewni Ołoboku, 2 – granica GZWP nr 310 dolina kopalna Ołoboku, 3 – granica obszaru zasobowego ujęcia komunalnego, 4 – podstawowe grupy studni ujęciowych w dolinie Ołoboku i na obszarze miasta, 5 – ogniska zanieczyszczeń, 6 – linie kolejowe, 7 – podstawowe drogi, 8 – teren zwartej zabudowy miasta, 9 – większe miejscowości

depresji 3–8 m z obszaru zasobowego o powierzchni 60 km², zatwierdzone decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa – KDH/013/5686/92 z dnia 31 marca 1992 r. (Pleczyński i in., 1991). Operatorem ujęcia wód podziemnych jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji WODKAN S.A. w Ostrowie Wielkopolskim. Operator ma pozwolenie wodnoprawne na pobór wód podziemnych w ilości $Q_h = 1010 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz ustanowioną strefę ochronną ujęcia. W ostatnich latach łączny pobór wody z wymienionych trzech grup studni wyniósł średnio nieco ponad 430 m³/d. W latach maksymalnego rozbioru 1987–1993 pobór wody z ujęcia mieścił się w przedziale od 670 do 720 m³/h. Układ hydrostrukturalny w dolinie Ołoboku tworzą utwory wodonośne nagromadzone w starszej dolinie kopalnej z okresu interglacjału mazowieckiego (wielkiego) oraz w młodszej dolinie zarysowanej we współczesnym krajobrazie, która jest wypełniona osadami wodonośnymi z okresu zlodowacenia bałtyckiego oraz holocenu. Obie serie osadów są przedzielone kilkumetrową nieciągłą warstwą osadów słabo przepuszczalnych w postaci mułków, piasków ilastych, rzadziej ilów piaszczystych. Głęboko-



Rys. 6.3.12. Mapa GZWP nr 310 – dolina Ołoboku (Kleczkowski, red., 1990)

Objaśnienia: 1 – sieć hydrograficzna, 2 – zbiornik wodny Szczygliczka – Piaski, 3 – granica GZWP nr 310, 4 – wododział ostrowskiej części zlewni Ołoboku, 5 – granica zasięgu doliny Ołoboku i zbiornika międzyglinowego w obrębie miasta, 6 – obszar występowania dwóch warstw wodonośnych, 7 – rejon zbiornika międzyglinowego pod nakładem glin środkowopolskich o miąższości < 15 m, 8 – rejon zbiornika międzyglinowego pod nakładem glin środkowopolskich o miąższości od 15 m do 40 m, 9 – wybrane otwory badawczo-obsługowe, 10 – studnie wiercone, 11 – granice zwartej zabudowy Ostrowa Wlkp., 12 – strumienie wód podziemnych, 13 – miejsca dopływu głównych cieków (Ołoboku, Niedźwiady i Ciemnej) do obszaru zasilania GZWP nr 310, 14 – główne kierunki zasilania wód podziemnych w rejonie miasta i ujęcia Wtorek od strony Pagórków Ostrowskich, 15 – miejscowości z zwartej zabudowy, 16 – inne miejscowości

kość studni sięga 75 m p.p.t. Ujmowane są czwartorzędowe osady wodonośne na różnych głębokościach w interwale zabudowy filtrów studziennych od 27 do 70 m p.p.t.

Zarówno ujęcie komunalne w dolinie Ołoboku, jak i warunki poboru i jakości wód podziemnych w rejonie Ostrowa Wielkopolskiego były przedmiotem kilku publikacji naukowych (Przybyłek, 1986, 1988; Przybyłek, Wojciechowski, 1989; Przybyłek i in., 1991; Dąbrowski i in., 2010), wykonanych prac magisterskich (Adamczewski, 1987; Białobłocki, 1999; Leszczyński, 2008; Pajewski, 2010). Staniem WODKAN S.A. jako operatora ujęcie komunalne w dolinie Ołoboku od 1992 r. pozostaje pod nadzorem geologicznym zarówno w odniesieniu do jego eksploatacji, jak i terenów ochronnych (pobór wody, hydrodynamika, jakość wody surowej). Sporządzane są coroczne sprawozdania w tym zakresie (Wojciechowski, 1992–1994; Ziółkowski, 2001–2008). Oprócz dokumentacji zasobowych dla ujęcia komunalnego, a omówionych w dalszej części opisu, sporządzona została szczegółowa koncepcja ochrony GZWP dolina Ołoboku (Przybyłek, 1988) i dokumentacja zasobów eksploatacyjnych ujęć z utworów czwartorzędowych (ujęcia przemysłowe) na obszarze miasta (Przybyłek i in., 1979; Przybyłek, 1984; Przybyłek, Kozłowski, 1987).

Położenie geograficzne i hydrografia

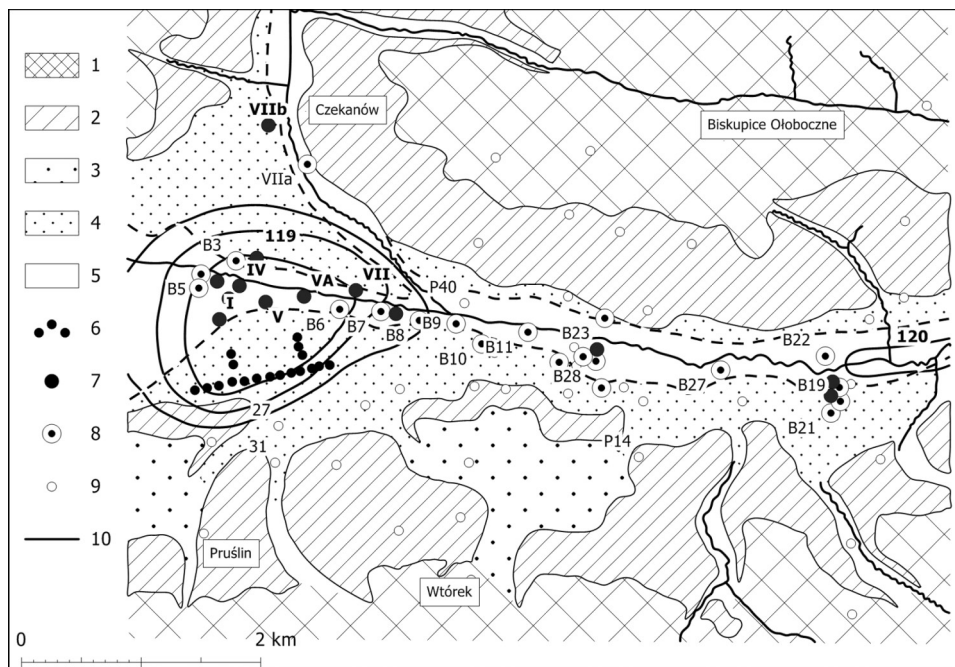
Według Kondrackiego (2000) rejon związany z ujęciem wód podziemnych dla Ostrowa Wielkopolskiego znajduje się wraz z całym miastem na Nizinie Południowopolskiej, w mezoregionie Wysoczyzna Kaliska, w obrębie zlewni rzeki Ołobok, lewobrzeżnego dopływu Proсны (rys. 6.3.11, 6.3.12). W tym rejonie wyróżniają się w krajobrazie trzy podstawowe formy morfologiczne (rys. 6.3.13):

- dolina rzeki Ołobok rozcinająca wysoczyznę, w której na wschód od miasta funkcjonuje ujęcie komunalne,
- wysoczyzna morenowa rozciągająca się po północnej stronie doliny Ołoboku,
- morena czołowa zwana Pagórkami Ostrowskimi, oddzielająca dolinę Ołoboku od Pradoliny Baryczy.

Rzeka Ołobok jest głównym dopływem Proсны o długości 35 km i całkowitej powierzchni zlewni 448 km², w tym zasadniczo odrębny obszar hydrograficzny ($A=155,8$ km²) Gniłej Baryczy, która odwadnia Kotlinę Grabowską; „ostrowska” część zlewni ma powierzchnię około 292 km².

Źródło Ołoboku (ok. 145 m n.p.m.) znajduje się we wsi Korytnica (gmina Raszów). Ołobok płynie w kierunku wschodnim przez Raszów, rejon Rąbczyna (oczyszczalnia ścieków komunalnych), Ostrów Wielkopolski, Psary, uchodząc do Proсны na wysokości 108,5 m n.p.m.

Zlewnia hydrograficzna związana z terenami wodonośnymi ujęcia komunalnego poniżej miasta ma powierzchnię 150 km². Bezpośrednią zlewnię Ołoboku („zlewnię wodociągową”) stanowi obszar 61 km². Uchodzący do niego na terenie ujęcia komunalnego lewobrzeżny dopływ Niedźwiada ma zlewnię 89 km². Dolina kopalna rzeki Ołobok została wydzielona jako Główny Zbiornik Wód Podziemnych nr 310 z modułem zasobów dyspozycyjnych 4,86 l/s/km² (Kleczkowski, red., 1990).



Rys. 6.3.13. Szkic geomorfologiczny doliny Ołoboku na podstawie mapy Krygowskiego (1971) z sytuacją ujęcia wód podziemnych Wtórek oraz instalacji badań polowych dla dokumentacji zasobowej ujęcia (Przybyłek i in., 1976)

Objaśnienia: 1 – wysoczyzna morenowa, 2 – strefa krawędziowa doliny Ołoboku, 3 – taras wysoki, 4 – taras nadzalewowy, 5 – taras zalewowy, 6 – studnie dawnego ujęcia lewarowego, 7 – studnie ujęcia Wtórek oraz otwory rozpoznawcze ujęcia do pompowań hydrowęzłowych (dla proj. ujęcia Trąba i proj. ujęcia Kęszycze), 8 – otwory badawczo-obszaryjne wgłębnej warstwy wodonośnej, 9 – piezometry poziomu wód gruntowych w dolinie Ołoboku i otwory poszukiwawcze w strefach krawędziowych, 10 – hydroizohipsy w m n.p.m. poziomu użytkowego w cięciu co 2 m (lej depresji ujęcia Wtórek i strefa naturalnego drenażu)

Historia ujęcia i problematyka badawcza

Ujęcie komunalne dla miasta Ostrowa Wielkopolskiego powstało w 1902 r. i zostało zlokalizowane poza miastem (ok. 4 km na wschód od jego centrum) w dolinie Ołoboku, na zalesionym tarasie środkowym (wydmowym) w Lesie Kąkolewskim, w sąsiedztwie wsi Wtórek, od której wzięło swoją nazwę (rys. 6.3.12, 6.3.13).

Pierwotnie ujęcie Wtórek składało się z bariery 20 studni i eksploatowane było systemem lewarowym nieprzerwanie od wybudowania aż do 1973 r. Większość studni zlokalizowano wzdłuż linii prostej na kierunku SW–NE w postaci bariery o długości 1012 m (rys. 6.3.13). Głębokość studni wierconych wzdłuż lewara wynosiła od 27,5 do 55,5 m; ich rozstaw w granicach 37,6–90 m. Z uwagi na postępujący rozwój miasta i wzrastające zapotrzebowanie na wodę nastąpiła w latach 1956–1957 rozbudowa ujęcia w sąsiedztwie rzeki Ołobok na jej tarasie zalewowym (rys. 6.3.13). W procesie badawczo-dokumentacyjnym wykonano najpierw 6 otworów poszukiwawczych (od B1 do B6) po obu brzegach rzeki Ołobok, a następnie

ne badania bilansu wód podziemnych w zlewni Ołoboku oraz o analogowe badania modelowe na integratorze elektrycznym AP 600 udokumentowano zasoby eksploatacyjne ujęcia w wysokości $Q_e = 1120 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji rejonowej od 4,5 m do 6,0 m dla obszaru zasobowego o powierzchni 50 km^2 (Przybyłek i in., 1976). Dokumentacja hydrogeologiczna z 1976 r. była podstawą do podjęcia działań w zakresie segmentowej rozbudowy ujęcia komunalnego dla Ostrowa Wlkp. wzdłuż doliny Ołoboku (rys. 6.3.13, 6.3.14). W latach 1986–1987 uruchomiono ujęcie Kęszyce, zaś w 1991 r. ujęcie Trąba. Szczegółową lokalizację wymienionych ujęć przedstawiono na rysunku 6.3.14.

Prowadzona na ujęciu przez 15 lat (1976–1990) kontrolowana eksploatacja zasobów wód podziemnych potwierdziła prognozę udokumentowanych zasobów w kategorii B w zakresie ich ilości (dokumentacja z 1976 r.) na odcinku do wysokości wsi Kęszyce (rys. 6.3.14). Użytkownik ujęcia zdecydował się jednak na powiększenie obszaru zasobowego w dolinie Ołoboku o tereny na odcinku przyległym do wsi Latowice (rys. 6.3.12). Po wykonaniu prac badawczych, w tym badań modelowych za pomocą programu numerycznego SWW2 z biblioteki Hydrylib, zdecydowano o możliwości zwiększenia zasobów eksploatacyjnych z $1120 \text{ m}^3/\text{h}$ do $Q_e = 1360 \text{ m}^3/\text{h}$ poprzez powiększenie obszaru zasobowego z 50 km^2 do 60 km^2 . W 1991 r. opracowano aneks do dokumentacji zasobowej z 1976 r. (Pleczyński i in., 1991). Zasoby przedstawione w aneksie zostały zatwierdzone przez Ministra OŚZNiL decyzją KDH/013/5686/92 z dnia 31 marca 1992 r.

Podstawowe problemy badawcze oraz eksploatacji zasobów na ujęciu komunalnym w Ostrowie Wielkopolskim:

- pasmowy charakter poligenetycznej struktury hydrogeologicznej (problem granic zbiornika i zasilania bocznego);
- funkcja koryta rzeki Ołobok, którą z obszaru powyżej ujęcia wyprowadzane były do końca XX w. nieoczyszczone ścieki komunalne z pól filtracyjnych w rejonie wsi Rąbczyn (rys. 6.3.12) z infiltracją zanieczyszczonych wód powierzchniowych do nowych odcinków ujęć, gdzie koryto rzeki nie uległo jeszcze kolmatacji;
- magazynowanie w leju depresji ujęcia Wtórek wód roztopowych oraz spływających rowami melioracyjnymi wód z krawędzi doliny (rys. 6.3.14) w postaci zasobów dodatkowych – wzbudzonych z zagrożeniem dla jakości wód podziemnych;
- rozległy taras zalewowy z wodami silnie zakwaszonymi w osadach przy powierzchni terenu;
- nadmierny przyrost związków żelaza i manganu w wodach podziemnych wraz z pogłębianiem się lejów depresji wokół grup studni i fluktuacja ich stężeń w cyklach zjawisk atmosferyczno-hydrogeologicznych;
- nadmierny rozwój infrastruktury przemysłowej i ogólnobudowlanej miasta w kierunku terenów wodonośnych w dolinie Ołoboku, w tym włączenie wsi Pruślin (rys. 6.3.13) do Ostrowa Wielkopolskiego jako nowej dzielnicy miasta.

Zarys budowy geologicznej i warunki hydrogeologiczne

W granicach miasta Ostrowa Wielkopolskiego i w dolinie Ołoboku wody podziemne są ujmowane z utworów piętra czwartorzędowego (rys. 6.3.15). Podłoże osa-

dów czwartorzędowych zbudowane jest na tym obszarze głównie z pstrych ilów serii poznańskiej, których strop w rejonie doliny Ołoboku jest erozyjnie obniżony do rzędnej 50 m n.p.m., a więc zalega około 100 m niżej w stosunku do wyniesień podłoża ilów neogeńskich w stronę Pagórków Ostrowskich. Tworzy czwartorzędowe, zalegające na większości powierzchni terenu, poza dolinami rzecznyymi, są typowymi utworami morenowymi (Baranowski, 1987; Boniecki, Jezierski, 1995). Gliny zwałowe, występujące na obrzeżu doliny Ołoboku i w rejonie miasta, zostały w osi doliny na odcinku poniżej miasta prawie całkowicie rozmyte, a w powstałych obniżeniach erozyjnych nagromadziły się osady piaszczysto-żwirowe o miąższości do kilkudziesięciu metrów w dwóch strukturach nakładających się na siebie w postaci współczesnej doliny Ołoboku oraz rynny kopalnej, prawdopodobnie z okresu interglacjału wielkiego.

Szerokość rynny kopalnej nie przekracza 500 m (rys. 6.3.14, 6.3.15) i zwęża się ona wraz z biegiem Ołoboku w stronę ujścia do Prosnicy. Szerokość dna współczesnej doliny Ołoboku wynosi około 1 km. Po obu stronach rzeki wykształcone są dwa podstawowe tarasy akumulacyjne: niski (zalewowy) oraz środkowy (wydmowy). Szerokość tarasu niskiego nie przekracza 0,5 km. Taras wyższy występuje we fragmentach przy krawędzi doliny (rys. 6.3.13). Przejście w strefę krawędziową ma miejsce na rzędnych od 130 do 140 m n.p.m. Osady wodonośne złożone w obu strukturach: dolinie współczesnej i rynnie kopalnej są rozdzielone serią utworów mułkowo-ilasto-torfiastych z interglacjału eemskiego (rys. 6.3.15).

Studnie ujęcia komunalnego mają filtry zabudowane w osadach rynny kopalnej, poza nielicznymi wyjątkami. O zasilaniu i przepływie wód podziemnych decyduje więc trójwarstwowy układ strukturalny składający się z dwóch poziomów wodonośnych: poziomu wód gruntowych i poziomu wód wgłębnych, rozdzielonych warstwą osadów słabo przepuszczalnych, a niekiedy połączonych przez niewielkie okna hydrogeologiczne.

Z punktu widzenia systematyzacji warunków zasilania zbiornika podziemnego w dolinie Ołoboku (rys. 6.3.15) możemy wyróżnić:

- infiltrację efektywną opadów na powierzchni doliny i przyległej wysoczyźnie,
- infiltrację wód powierzchniowych w zasięgu wytworzonego leja depresyjnego,
- dopływ wody ze spływu powierzchniowego i podpowierzchniowego, magazynujący się w leju depresyjnym w okresach intensywnych opadów deszczu oraz w okresach roztopowych pokryw śnieżnej.

Opis ujęcia wód podziemnych

Ujęcie Wtórek – stanowi grupę studni oznaczonych numerami 4A, 19/1, IIA/1, IIIa/2, IVA/1, V, VA, V/1 i VIII usytuowanych w obrębie tarasu zalewowego i nadzalewowego, na odcinku doliny Ołoboku od szosy kaliskiej po ujście rzeki Niedźwiady.

Ujęcie Kęszyce składa się z 6 studni oznakowanych numerami: X, XI, XVI, XVII, XVIIa i XVIII. Zostało uruchomione w 1987 r. Od strony koryta Ołoboku ujęcie to było chronione do 2001 r. barierą płytkich studni osłonowych przed infiltracją do warstwy wodonośnej zanieczyszczonych wód powierzchniowych (rys. 6.3.15). Bariera osłonowa składała się z 5 studni drenażowych, zafiltrowa-

nych w przypowierzchniowej strefie warstwy wodonośnej (do 10 m). Studnie te są oznakowane numerami od 1D do 5D.

Ujęcie Trąba składa się z 5 studni w dolinie rzeki na wysokości osady Trąba o numerach od XII do XV oraz nr IX (ta ostatnia studnia została odwiercona w 1976 r. jako otwór rozpoznawczy). Włączone do eksploatacji w 1995 r.

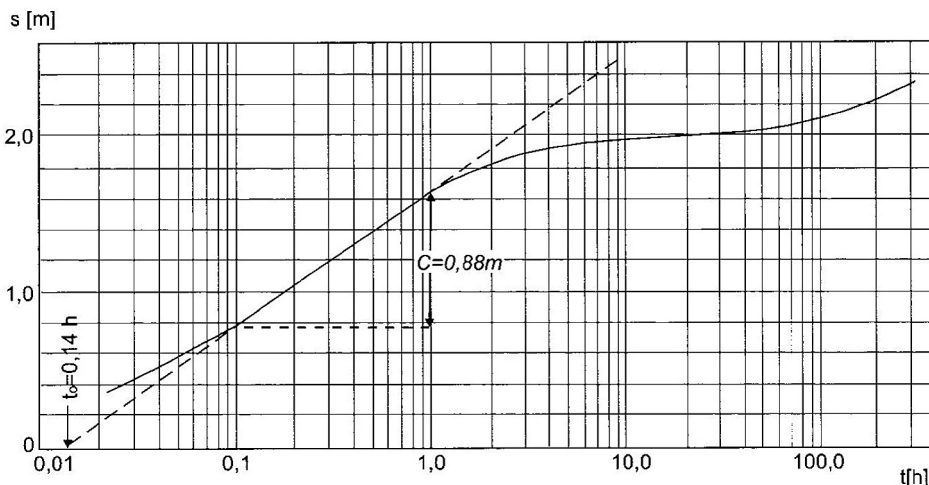
Podstawowa sieć obserwacyjna ujęcia komunalnego została wykonana w obrębie obszaru zasobowego w 1974 r. w ramach dokumentowania jego zasobów eksploatacyjnych (rys. 6.3.13), a jej częściowa odbudowa i uzupełnienia w latach 1990–1991 i w latach następnych (rys. 6.3.14). Ogółem w różnych okresach dokumentowania i monitorowania ujęcia istniało na obszarze zasobowym do 31 sprawnych technicznie piezometrów. Aktualnie eksploatowane ujęcia (grupy studni: Wtórek, Trąba i Kęszyce) mają łącznie udokumentowane zasoby w wielkości $Q_e = 1010 \text{ m}^3/\text{h}$. Problemem systemu wodociągowego w latach 80. ubiegłego wieku była jakość wody podawana do sieci na skutek niedostatecznej wydajności instalacji starych systemów uzdatniania wody przy znacznym wzroście związków żelaza i manganu w wodzie surowej. W latach 1992–1994 wybudowano więc nowoczesną stację uzdatniania wody z dwustopniową filtracją na filtrach żwirowych i braunsztynowych. Dobrą jakość uzdatnionej wody potwierdza działające przy stacji laboratorium z pełną akredytacją, wyposażone w nowoczesny sprzęt analityczny.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego

Dla potrzeb sporządzenia pierwszej kompleksowej dokumentacji zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych w dolinie Ołoboku przeprowadzono w latach 1973–1975 szeroko zakrojone terenowe badania hydrogeologiczne (rys. 6.3.13, 6.3.14). W tym okresie badań wykonano:

- cztery pompowania hydrowęzłowe wzdłuż biegu rzeki Ołobok z wykorzystaniem następujących otworów rozpoznawczych: VIII w sąsiedztwie ujęcia Wtórek i ujęcia rzeki Niedźwiady, IX w rejonie wsi Trąba oraz X i XI w bliższej i dalszej odległości od koryta rzeki Ołobok w rejonie wsi Kęszyce,
- dwuletnie obserwacje stacjonarne (sierpień 1973–sierpień 1975) w leju depresji ujęcia Wtórek (otwory obserwacyjne B3, B4, B5, VI i VII),
- półtoraroczne obserwacje stacjonarne (kwiecień 1974–wrzesień 1975) w zespołach piezometrów położonych w czterech rejonach na wyższych lewobrzeżnych tarasach doliny Ołoboku w oddaleniu od leja depresji ujęcia Wtórek (rys. 6.3.14), a więc w warunkach naturalnego przepływu wód podziemnych. Ogółem przeprowadzono interpretację stanów zwierciadła wód podziemnych i obliczeń ich odnawialności dla 18 otworów obserwacyjnych (piezometrów) rozmieszczonych w dolinie Ołoboku.

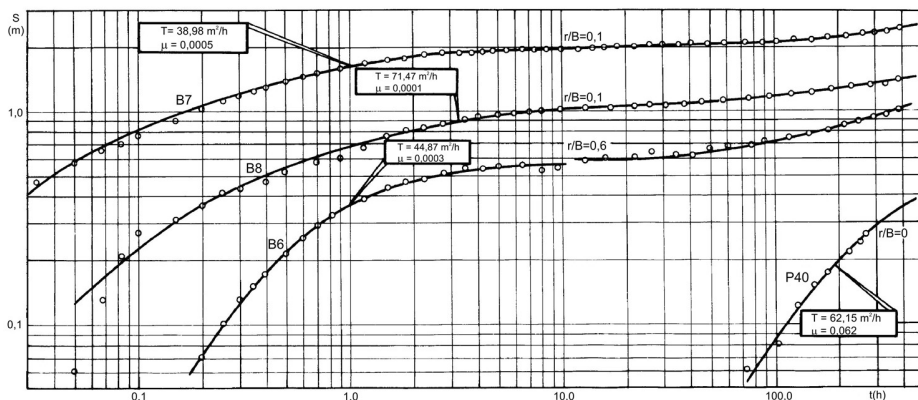
Interpretacja próbnych pompowań hydrowęzłowych z zastosowaniem metod badań filtracji nieustalonej. Na rysunku 6.3.16 przedstawiono wykres wskaźnikowy $s=f(\lg t)$ dłuższego pompowania hydrowęzłowego ($t_p=386 \text{ h}$) otworu VIII z wydajnością $Q=201 \text{ m}^3/\text{h}=\text{const}$ z wynikami obserwacji procesu filtracji nieustalonej w piezometrze B7, położonym w odległości $r=46,7 \text{ m}$. Wykres składa się z 3 odcinków, odzwierciedlając swoim kształtem schemat opóźnionego odsączania.



Rys. 6.3.16. Wykres $s = f(\lg t)$ dla piezometru B5 z pompowania hydrowęzłowego studni VIII na ujęciu Wtórek w dolinie Ołoboku; wydajność $Q=201 \text{ m}^3/\text{h}=\text{const}$, odległość piezometru $r=50 \text{ m}$, przewodność warstwy $T=41,8 \text{ m}^2/\text{h}$, współczynnik odsączalności sprężystej $\mu_s=5,27 \cdot 10^{-4}$

Opisany wykres wskaźnikowy $s=f(\lg t)$ jest charakterystyczny dla schematu obliczeniowego Boultona i dlatego według nomogramu wykresów wzorcowych dla tego schematu przeprowadzono interpretację wykresów doświadczalnych $\lg s = f(\lg t)$, uzyskanych dla wszystkich czterech otworów obserwacyjnych włączonych do hydrowęzła badawczego nr VIII (rys. 6.3.17).

Próbnymi pompowaniami hydrowęzłowymi stwierdzono, że zmiany hydrodynamiczne we wgłębnej warstwie wodonośnej (poziom naporowy) w dłuższym



Rys. 6.3.17. Wykresy doświadczalne $s = f(\lg t)$ z pompowania hydrowęzłowego studni VIII na ujęciu Wtórek w dolinie Ołoboku; wydajność $Q=201 \text{ m}^3/\text{h}=\text{const}$, interpretacja wykresów według krzywych wzorcowych dla wzorów Boultona i Theisa; B6, B7, B8 – piezometry założone w warstwie naporowej (dolina kopalna); P40 – piezometr w warstwie o zwierciadle swobodnym (poziom wód gruntowych)

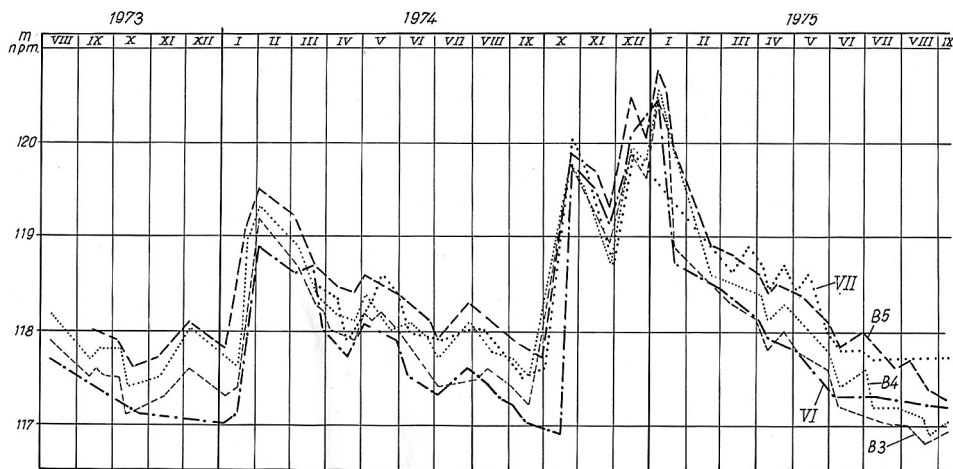
czasie ich trwania powodują powstanie wtórnego leja depresji w pierwszej warstwie wodonośnej (poziom swobodny wód gruntowych). W warunkach trwałej eksploatacji (użytkowej) zjawisko to zwiększa zdolność systemu wodonośnego do retencji wód opadowych i retencji wód wezbraniowych na obszarze tarasu zalewowego oraz ze spływów po stokach doliny (rys. 6.3.14) w obręb leja depresji ujęcia, co liczbowo przedstawiono w dalszej części rozdziału.

Odnawialność zasobów wód podziemnych w dolinie Ołoboku w warunkach naturalnych i w leju depresji ujęcia komunalnego zbadano, prowadząc dwuletnie obserwacje stacjonarne zwierciadła wód podziemnych w otworach obserwacyjnych w obrębie leja depresji ujęcia Wtórek (rys. 6.3.13) w latach 1973–1975 (rys. 6.3.18).

Jak wynika z wykresów na rysunku 6.3.18, przyrosty słupa wody wyniosły od 2,5 do 3,5 m w zależności od charakteru zjawisk zasilania w danym roku hydrologicznym. Przyjmując te wartości do dalszych obliczeń oraz korzystając z mapy hydroizohips (rys. 6.3.13) dla obliczenia powierzchni zamkniętych: wewnątrz hydroizohips 120 m n.p.m. (P_1), następnie pomiędzy hydroizohipsami 120–121 m n.p.m. (P_2) oraz 121–122/123 m n.p.m. (P_3), a także wielkości współczynnika odsączalności μ (wzór Biecińskiego), obliczono objętości zretencjonowanych wód podziemnych, a następnie ich rozchodowywanie na pobór wody z ujęcia w okresie po kulminacji stanów (rys. 6.3.19).

W przeliczeniu na powierzchnię jednostkową (1 km^2) uzyskano moduły zasilania dla centrum leja depresji sięgające wielkości $38 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2$, a więc ponad trzykrotnie wyższy od modułu zasobów odnawialnych obliczonego z wielolecia dla zlewni rzeki Ołobok, który wynosi od 10 do $12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2$ (Przybyłek i in., 1976).

Z przedstawionych wyników obserwacji (rys. 6.3.18) wynikało, że rok hydrologiczny 1973/1974 charakteryzuje przeciętne wezbranie, a rok hydrologiczny 1974/1975 – obfity w opady atmosferyczne w postaci deszczu – wezbranie zbliżone do maksymalnego.



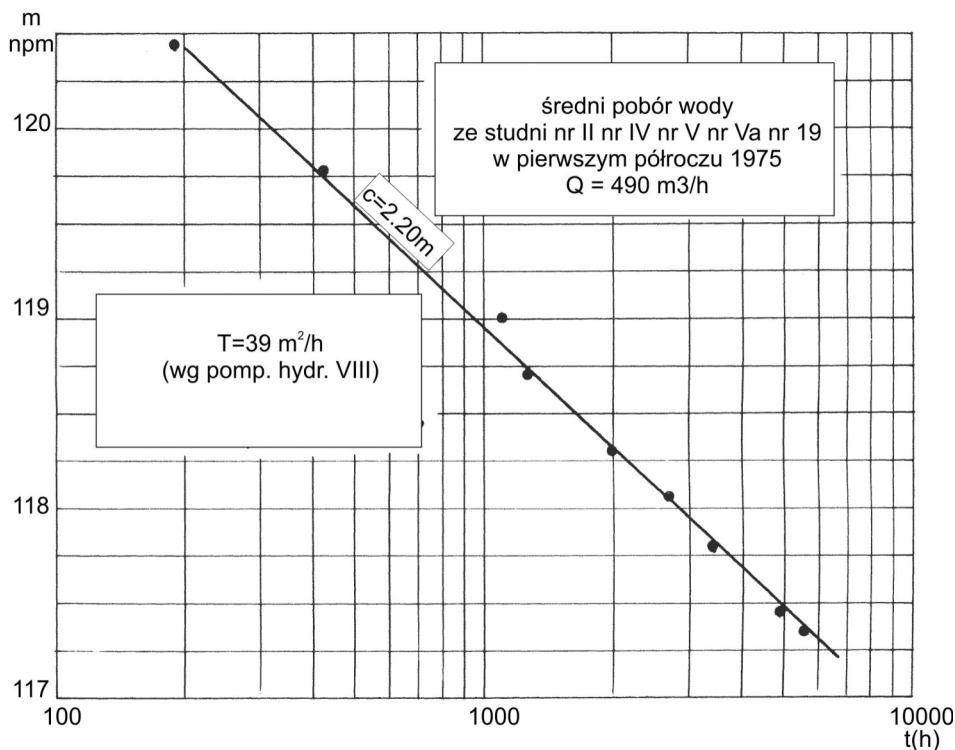
Rys. 6.3.18. Wykres zmienności stanów wód podziemnych w otworach obserwacyjnych położonych w centrum leja depresji ujęcia Wtórek w latach 1973–1975

Wychodząc z opisanych obliczeń odnawialności wymuszonej eksploatacją ujęcia, w dalszych obliczeniach zasobowych, które przeprowadzono na modelu analogowym za pomocą integratora AP 600, przyjęto, że zmagazynowane wody wezbrańniowe w leju depresyjnym należy wliczać do bilansu zasobów eksploatacyjnych.

Rozchodowywanie zmagazynowanych zasobów na rzecz ujęcia przedstawiono w postaci wykresu $s = f(\lg t)$, uzyskanego z uśrednionych wykresów opadania zwierciadła wody podziemnej w otworach obserwacyjnych centrum leja depresji w I półroczu 1975 r., licząc czas rozchodowywania od kulminacji wezbrania (rys. 6.3.18). Jak wynika z tych wykresów, szczytowanie zmagazynowanych zasobów trwało po maksymalnym wezbraniu prawie 7 miesięcy. Ten rodzaj zmian nazywany jest przez Emsellema (1975) reżimem cyklicznym z zasilaniem.

Na podstawie przeprowadzonych badań składników bilansu zasilania przedmiotowego wycinka zlewni Ołoboku stwierdzono, że w zależności od rozkładu opadów atmosferycznych występuje:

- wzrost magazynowania zasobów statycznych zmiennych w leju depresyjnym przy opadach nawalnych i po roztopach,
- wzrost dopływu z zasobów dynamicznych z cząstkowej zlewni podziemnej przy opadach równomiernie rozłożonych.



Rys. 6.3.19. Wykres $s = f(\lg t)$ szczytowania zasobów wód podziemnych zmagazynowanych w leju depresji ujęcia Wtórek po infiltracji wód powierzchniowych z powierzchni tarasu zalewowego doliny Ołoboku w okresie od października 1994 do stycznia 1995 r.

W przeprowadzonych badaniach hydrogeologicznych stwierdzono, że w zasilaniu zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego w dolinie Ołoboku dużą rolę odgrywa przyrodniczy samoregulacyjny mechanizm rozkładu tego zasilania, który musi być uwzględniony w obliczeniach zasobowych.

Opis obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego przedstawionych w dokumentacji z 1976 r. na podstawie modelowania analogowego na integratorze AP 600 oraz w dokumentacji z 1991 r. (aneks) na podstawie modelowania numerycznego za pomocą programu SWW2 z biblioteki Hydrylib.

Przyjęto następujące parametry i elementy bilansu wód podziemnych w zlewni Ołoboku w warunkach naturalnych i wymuszonych eksploatacją w założeniach modelowych:

- opady atmosferyczne – średnie z wielolecia 1955–1975 według pomiarów na stacjach PIHM (obecnie IMGW): stacja Ostrów Wlkp. 577 mm, stacja Lewków 557 mm,
- głębokość statycznego zwierciadła wody podziemnej w obrębie tarasu zalewowego od 1 do 2 m i na tarasach nadzalewowych – zalesionych – od 4 do 5 m w strefach wododziałowych (Pagórki Ostrowskie i wysoczyzna morenowa Biskupic Ołobocznych) oraz w studniach kopanych od 1 do 4 m,
- odnawialność wód podziemnych w warunkach naturalnych według danych ze studni obserwacyjnych PIHM z wielolecia 1955–1975: Szczygliczka $12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2 = 3,3 \text{ l/s}/\text{km}^2$, Biskupice Ołoboczne $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2 = 2,8 \text{ l/s}/\text{km}^2$,
- odnawialność wód podziemnych w warunkach wymuszonych eksploatacją ujęcia Wtórek (lej depresji na tarasie zalewowym) według obserwacji stacjonarnych w latach 1973–1975: od 38,5 do $65 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2$, tj. od 10,7 do $18 \text{ l/s}/\text{km}^2$,
- infiltracja z cieków powierzchniowych w warunkach leja depresyjnego w rejonie ujęcia Wtórek: $20 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 km długości cieku przy średniej szerokości koryta 2,5 m i współczynniku filtracji pionowej osadów korytowych $k' = 0,10 \text{ m/d} = 0,0075 \text{ m/h}$.

Przyjęto następujący schemat modelu hydrogeologicznego i założeń do konstrukcji modelu:

- układ strukturalny – dwie modelowe warstwy wodonośne, warstwa I – osady współczesnej doliny, warstwa II – osady doliny kopalnej, warstwa rozdzielająca I/II – osady słabo przepuszczalne z $k' = 4,10^{-4} \text{ m/s}$,
- parametry warstw wodonośnych – współczynnik filtracji na podstawie próbnych pompowań, w tym hydrowęzłowych, oraz obliczeń z krzywych granulometrycznych, miąższości poszczególnych warstw z otworów i przekrojów hydrogeologicznych,
- założenia modelowe: siatka dyskretyzacyjna w obrębie pokrywania się obu struktur hydrogeologicznych (dolina współczesna, dolina kopalna), $Dx_1 = Dy_1 = 200 \text{ m}$ i na zewnątrz konturu obu dolin, w stronę wysoczyzn morenowych, $Dx_2 = Dy_2 = 400 \text{ m}$, powierzchnia modelowanego obszaru: 60 km^2 , rozwiązanie w postaci odwzorowania filtracji stacjonarnej.

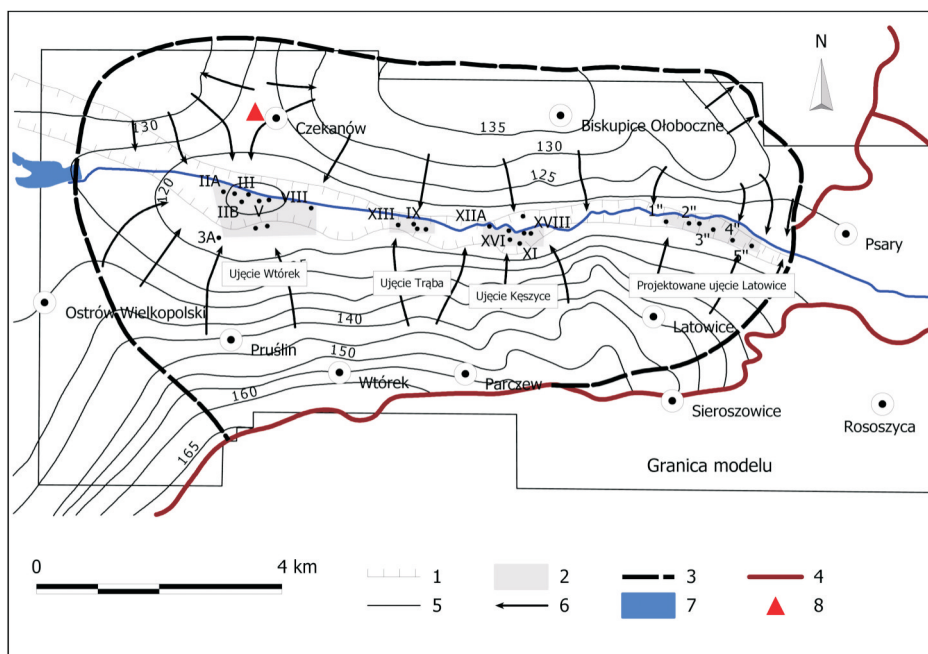
Uzyskano następujące wyniki obliczeń modelowych:

- model stanów naturalnych (po wytarowaniu) – zasoby dynamiczne = $930 \text{ m}^3/\text{h}$,

- model eksploatacji istniejącego ujęcia Wtórek z $Q_c=580 \text{ m}^3/\text{h}$ – bilans składników zasilania: z zasobów dynamicznych $Q_d=370 \text{ m}^3/\text{h}$ (64%), z infiltracji wód rzecznych $Q_r=40 \text{ m}^3/\text{h}$ (7% – wysoki stopień kolmatacji koryt rzecznych w leju depresji), dopływ wód magazynowanych w leju depresji w okresie przeciętnego wezbrania $Q_u=170 \text{ m}^3/\text{h}$ (29%),
- model optymalnej eksploatacji ujęcia po jego rozbudowie w kierunku wschodnim (proj. grupy studni: Trąba, Kęszyce) przy depresji rejonowej $s_r=4,5\text{--}6,0 \text{ m}$: zasoby eksploatacyjne $Q_c=1120 \text{ m}^3/\text{h}$ dla obszaru zasobowego 50 km^2 , przy obliczonym na modelu bilansie składników zasilania: z zasobów dynamicznych $Q_d=640 \text{ m}^3/\text{h}$ (57%), z infiltracji wód rzecznych $Q_r=140 \text{ m}^3/\text{h}$ (12,5% – prognozowany wysoki stopień kolmatacji koryt rzecznych w leju depresji), dopływ wód magazynowanych w leju depresji w okresie przeciętnego wezbrania $Q_u=340 \text{ m}^3/\text{h}$ (30,5%).

Ustalono zasoby eksploatacyjne w wielkości $Q_c=1120 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji rejonowej $s_r=4,5\text{--}6,0 \text{ m}$, co odpowiada rzędnej 117,0–115,5 m n.p.m., dla obszaru zasobowego 50 km^2 w granicach zlewni hydrogeologicznej rzeki Ołobok od 19,9 do 9,3 km jej biegu (od Ostrowa Wlkp. do wsi Latowice). Podane w dokumentacji hydrogeologicznej (Przybyłek i in., 1976) wielkości zostały przyjęte i zatwierdzone decyzją prezesa Centralnego Urzędu Geologii – KDH/013/4197/M/77 z dnia 12 kwietnia 1977 r. i stały się podstawą prawną do dalszych formalności związanych z rozbudową ujęcia komunalnego dla Ostrowa Wielkopolskiego na wschód od miasta w stronę rejonu wsi Trąba i Kęszyce (rys. 6.3.14).

W 1991 r. opracowano aneks do dokumentacji z 1976 r. (Pleczyński i in., 1991). W aneksie przedstawiono wyniki badań na modelu numerycznym (program SSW2 z biblioteki Hydrylib) związane z poszerzeniem obszaru zasobowego w kierunku wschodnim do rejonu wsi Latowice. Na rysunku 6.3.20 wskreślono zakres terytorialny modelu numerycznego i wyznaczony obszar zasilania. W stosunku do badań modelowych z 1976 r. poszerzono obszar modelowania w kierunku wschodnim – do ujścia rzeki Ciemnej do Ołoboku (rys. 6.3.14, 6.3.20), uzyskując zwiększenie obszaru zasobowego z 50 do 60 km^2 , a więc o 10 km^2 w rejonie programowanej czwartej grupy studni (tzw. ujęcia Latowice – rys. 6.3.20). We wniosku zasobowym wniesiono o zatwierdzenie, zwiększonych o $240 \text{ m}^3/\text{h}$, zasobów wód podziemnych w ilości $SQ_c=1360 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji rejonowej $s_r=3,4\text{--}7,9 \text{ m}$, co odpowiada rzędnej 118,0–112,0 m n.p.m., dla obszaru zasobowego 60 km^2 , w tym $10 \text{ m}^3/\text{h}$ dla zaopatrzenia wsi Czekanów z jej własnego ujęcia (rys. 6.3.20). Wnioskowane zasoby zostały zatwierdzone decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa – KDH/013/5686/92 z dnia 31 marca 1992 r. W tabeli 6.3.4 zestawiono wydzielone zasoby eksploatacyjne dla poszczególnych grup studni ujęcia komunalnego oraz wielkości składnika z infiltracji wód powierzchniowych. Wartość $340 \text{ m}^3/\text{h}$ dla ujęcia (grupy studni) Wtórek należy wiązać z okresowym magazynowaniem wód wezbraniowych na poszerzonym tarasie zalewowym powyżej ujścia rzeki Niedźwiada do Ołoboku (rys. 6.3.13, 6.3.14).



Rys. 6.3.20. Mapa ujęć wód podziemnych w granicach modelu numerycznego ujęcia komunalnego dla Ostrowa Wielkopolskiego w dolinie Ołoboku, stan hydrodynamiczny w lutym 1992 r. (na podstawie: Błaszyk i in., 1993)

Objaśnienia: 1 – dolina kopalna Ołoboku, 2 – tereny ochrony bezpośredniej poszczególnych grup studni, 3 – granica obszaru zasilania ujęcia, 4 – linia wododziału, 5 – hydroizohipsy w m n.p.m., 6 – kierunki przepływu wód podziemnych do ujęć, 7 – zbiornik retencyjny Szczygliczka-Piaski, 8 – ujęcie dla wsi Czekanów

Tabela 6.3.4. Obliczone zasoby eksploatacyjne dla poszczególnych grup studni ujęcia komunalnego dla Ostrowa Wielkopolskiego w dolinie Ołoboku (Pleńczyński i in., 1991)

Grupa studni	(A) Wtorek	(B) Trąba	(C) Kęszyce	(D) Latowice	Ogółem
Zasoby eksploatacyjne w m ³ /h	580	200	350	220	1350
w tym z infiltracji wód powierzchniowych	304	34	89	25	452
średni pobór wody w 1991 r. (m ³ /h)	480–500	–	240–250	–	720–750

Analiza hydrodynamiczna przebiegu wieloletniej eksploatacji ujęcia komunalnego i jego oddziaływania na otoczenie

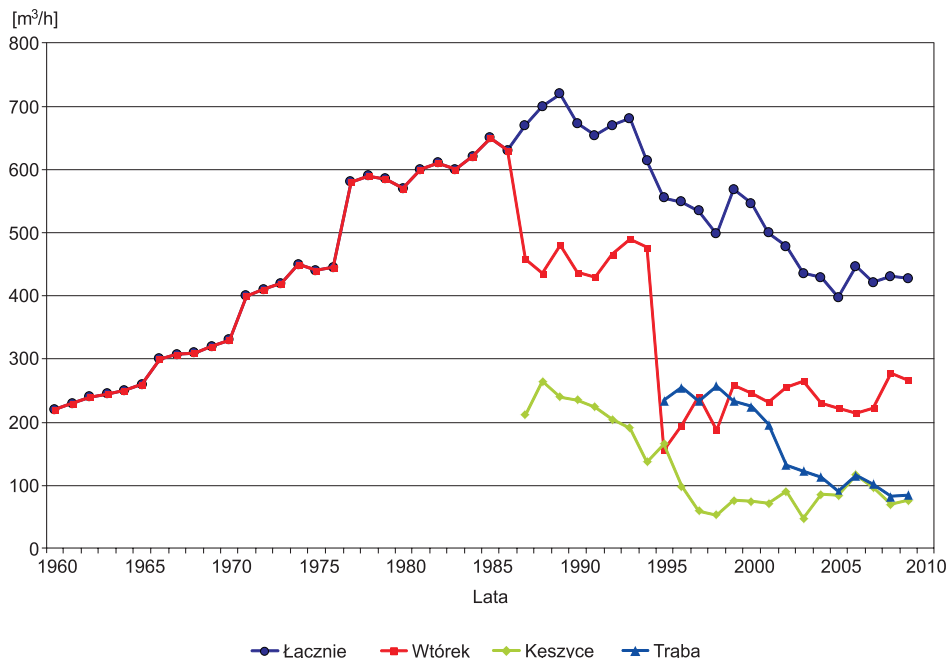
Systematyczny rejestr wydajności prowadzony jest na ujęciu od 1960 r., kiedy to powstało nowe pompowe ujęcie Wtorek na tarasie zalewowym przy Ołoboku i dlatego dla lat 1960–2009 przedstawiono wykres (rys. 6.3.21) ilustrujący średnie roczne wydajności ujęcia komunalnego dla Ostrowa Wielkopolskiego.

W początkowej fazie do 1964 r. produkcja wody z ujęcia lewarowego oraz nowego Wtórek kształtowała się średnio na poziomie 250 m³/h (maksymalnie 290 m³/h). W latach 70. odnotowuje się systematyczny wzrost wydobywania wody. W 1975 r. pobór wynosił średnio 450 m³/h, maksymalnie sięgał do 580 m³/h.

Systematyczny wzrost zapotrzebowania miasta na wodę wymuszał ciągle intensyfikowanie poboru wody z ujęcia Wtórek. W 1987 r. pobór przekroczył graniczną dla tego ujęcia wielkość 580 m³/h (rys. 6.3.21), a okresowo sięgał nawet 750 m³/h. Włączenie do eksploatacji od listopada 1987 r. nowego ujęcia Kęszyce przyniosło zrationalizowanie eksploatacji zasobów wód podziemnych w dolinie Ołoboku poprzez bardziej równomierne rozłożenie poborów z obu ujęć (rys. 6.3.21) oraz polepszenie parametrów jakościowych wody surowej poprzez złagodzenie procesów hydrochemicznych zachodzących w strukturze wodonośnej przy skoncentrowanej eksploatacji.

W ostatniej dekadzie XX w. miał miejsce systematyczny spadek zapotrzebowania na wodę i wydajność ujęcia stopniowo obniżono z 670 do 500 m³/h. W latach 1999–2000 pobór krótkotrwale wzrósł do 550 m³/h, a w pierwszej dekadzie XXI w. kształtował się w przedziale od 500 do 400 m³/h (rys. 6.3.21).

Stany zwierciadła wód podziemnych wymuszone eksploatacją grup studni ujęcia komunalnego w dolinie Ołoboku i ich oddziaływanie na otoczenie przedstawiono na mapach hydroizohips: lej depresji ujęcia Wtórek w 1975 r. na rysunku 6.3.13, wpływ eksploatacji ujęcia Wtórek i ujęcia Kęszyce w lutym 1992 r. na rysunku 6.3.20. Z obu rysunków wynika, że leje depresji wokół grup studni były zindywidualizowane i ich



Rys. 6.3.21. Średnie roczne wydajności ujęcia komunalnego dla Ostrowa Wielkopolskiego w dolinie Ołoboku

wzajemne oddziaływanie niewielkie – przy pasmowym rozmieszczeniu tych grup w dużych odległościach od siebie (rys. 6.3.20). Rozmieszczenie studni wzdłuż osi doliny rzecznej stanowi o nałożeniu się hydrodynamiki wymuszonej eksploatacją na warunki naturalne w taki sposób, że studnie, przejmując zasoby dynamiczne, likwidują podziemny odpływ rzeczny do Ołoboku i Niedźwiady na odcinku zasięgu oddziaływania ujęcia. Cechą charakterystyczną jest również cykliczność zmian postaci lejów depresji wokół grup studni w zależności nie tylko od wielkości poboru, ale też od warunków hydrometeorologicznych. W wyniku tej cykliczności, związanej z magazynowaniem lub rozchodowywaniem wód w leju depresji (rys. 6.3.18, 6.3.19) i wielkością poboru, zmienia się zasięg i głębokość lejów depresji. Położenie ujęcia w osi drenażu rzecznej powoduje, że nie stanowi ono zagrożenia dla miejscowości (lokalnych studni) na wyższych tarasach doliny oraz na wysoczyznach. Natomiast samo ujęcie jest bardzo zagrożone okresowymi wpływami zanieczyszczonych wód powierzchniowych i podziemnych do osi doliny z terenów rolniczych i osadniczych wyżej położonych (rys. 6.3.14, 6.3.20).

Jakość wód podziemnych i jej zmiany w wyniku oddziaływań antropogenicznych

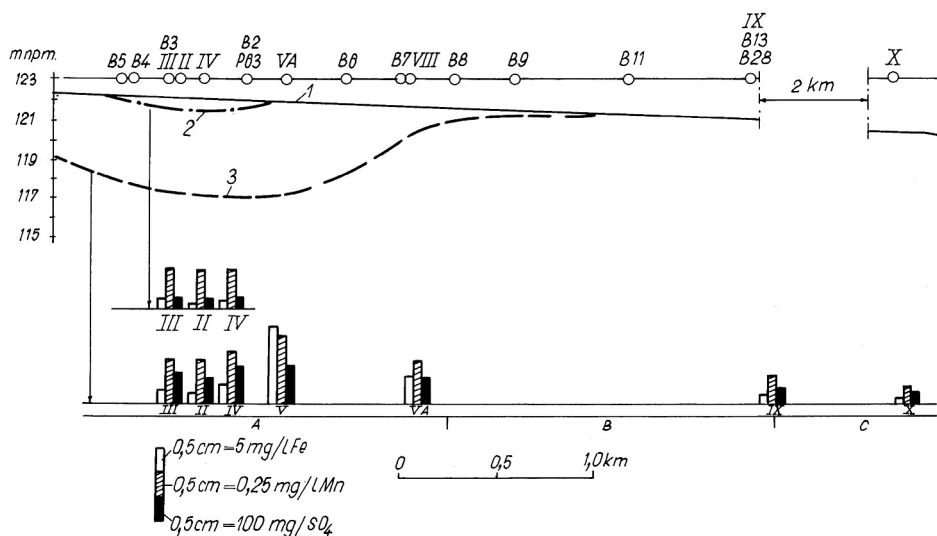
Omówienie jakości wód podziemnych w zbiorniku hydrogeologicznym doliny Ołoboku w rejonie ujęcia komunalnego przedstawiono na podstawie:

- zdjęcia hydrogeochemicznego wykonanego na etapie sporządzania dokumentacji zasobów eksploatacyjnych w 1976 r. (Przybyłek i in., 1976),
- analizy porównawczej wykonanej dla poszczególnych grup studni: Wtórek, Trąba, Kęszyce w odniesieniu do wybranych wskaźników chemicznych (żelaza, manganu, siarczanów, azotanów i amoniaku) kształtujących jakość wody surowej na ujęciu w latach 2001–2010 (Pajewski, 2010).

Zmiany w jakości wód podziemnych na ujęciu Wtórek w latach 1957–1975

W latach 1957–1975 nastąpiła reorganizacja poboru wody z ujęcia Wtórek. Najpierw równolegle od 1960 do 1973 eksploatowane było nowe ujęcie pompowe na tarasie zalewowym (łąkowym) z ujęciem lewarowym na tarasie środkowym (leśnym), ze stale wzrastającym poborem ujęcia pompowego i spadkiem wydajności ujęcia lewarowego, które w 1973 r. wyłączono całkowicie z eksploatacji. Koncentracja studni o dużej wydajności na tarasie zalewowym spowodowała w latach 1957–1975 przyrost depresji rejonowej z 0,5 m do 5,0 m (rys. 6.3.22), któremu towarzyszył wzrost zawartości żelaza z 1,2 do 1,4 mg Fe/l w studniach odwierconych w latach 1956 i 1957 oraz od 1,7 mg Fe/l do 13,5 mg Fe/l (okresowo w czerwcu 1975 r. do 18 mg Fe/l) w wodzie surowej z całości ujęcia (tab. 6.3.5).

Stwierdzono, że istniał dość ścisły związek przyrostu wydajności, a więc i depresji rejonowej na ujęciu, z przyrostem stężenia żelaza w proporcji 2 mg Fe/l na 1 m przyrostu depresji. Wpływ leja depresji w 1975 r. (rys. 6.3.22) zaznaczył się w podwyższonej zawartości żelaza i manganu w otworze rozpoznawczym VIII, natomiast wody podziemne pobrane na terenach perspektywicznych, poza lejem depresji ujęcia Wtórek, w rejonie wsi Trąba (nr IX) i w rejonie wsi Kęszyce (nr X)



Rys. 6.3.22. Stężenia żelaza, manganu i siarczanów w wodzie podziemnej w studniach ujęcia komunalnego wzdłuż biegu doliny Ołoboku na tle profili hydrodynamicznych w 1958 i 1975 r.

Objaśnienia: 1 – zwierciadło statyczne, 2 – stan w 1958 r. przy eksploatacji ujęcia lewarowego Wtórek na tarasie środkowym z $Q_e = 178 \text{ m}^3/\text{h}$, 3 – stan w 1975 r. przy eksploatacji ujęcia pompowego Wtórek na tarasie zalewowym z $Q_e = 490 \text{ m}^3/\text{h}$; wydzielone sektory wzdłuż Ołoboku: A – strefa ujęcia Wtórek, B – strefa okresowego zasięgu leja depresji ujęcia Wtórek (proj. ujęcie Trąba – otwór nr IX), C – strefa poza zasięgiem leja depresyjnego (proj. ujęcie Kęszyce – otwór nr X)

cechowwały się składem naturalnym z niską zawartością żelaza, manganu i siarczanów w warunkach braku antropresji hydrodynamicznej.

Źródłem zanieczyszczeń wód podziemnych ujmowanego wglębnego poziomu wodonośnego są wody przypowierzchniowe i infiltracja z koryta Ołoboku. W trakcie wykonywania otworów geotechnicznych pod rurociąg tłoczony z ujęcia Kęszyce do stacji uzdatniania we Wtórku pobrano próbki wody gruntowej z głębokości od 0,4 do 2,7 m, stwierdzając w nich odczyn pH od 3,6 do 5,9, agresywny CO_2 do 68,2 mg/l oraz wysokie stężenia siarczanów i amoniaku (tab. 6.3.6).

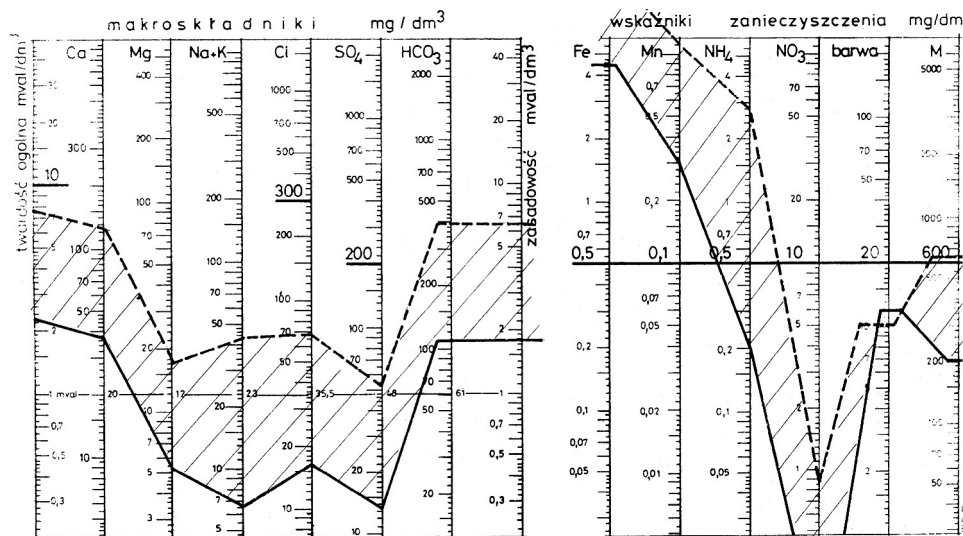
W tych warunkach hydrogeochemicznych włączenie dopływu wód przypowierzchniowych w obieg wody zasilającej ujęcie, co ma miejsce w warunkach głębszego leja depresji, musiało wywołać szereg procesów hydrochemicznych skutkujących pogorszeniem się jakości wód wglębnych we wskazanych parametrach. Aby więc częściowo uchronić grupę studni Kęszyce od migracji zanieczyszczonych wód przypowierzchniowych do systemu wodonośnego, wykonano barierę hydrodynamiczną w postaci 5 płytkich studni osłonowych (1D do 5D), z głębokością zabudowy filtrów w warstwie piaszczystej w przedziale głębokości 4–8,5 m p.p.t. wzdłuż koryta Ołoboku (rys. 6.3.15), zbierającej zanieczyszczone wody przypowierzchniowe oraz infiltrujące z koryta Ołoboku. Zbierane wody zrzucano do koryta rzeki. Woda w płytkich studniach przy rozruchu ujęcia Kęszyce (listopad 1987 r.) cechowała się wskaźnikiem pH od 6,6 do 6,9, a po 9 miesiącach eksploata-

Tabela 6.3.5. Wykaz zawartości związków żelaza w wodzie w otworach miejskiego ujęcia w Ostrowie Wielkopolskim w latach 1956–1975 [mg Fe/l] (Przybyłek i in., 1990)

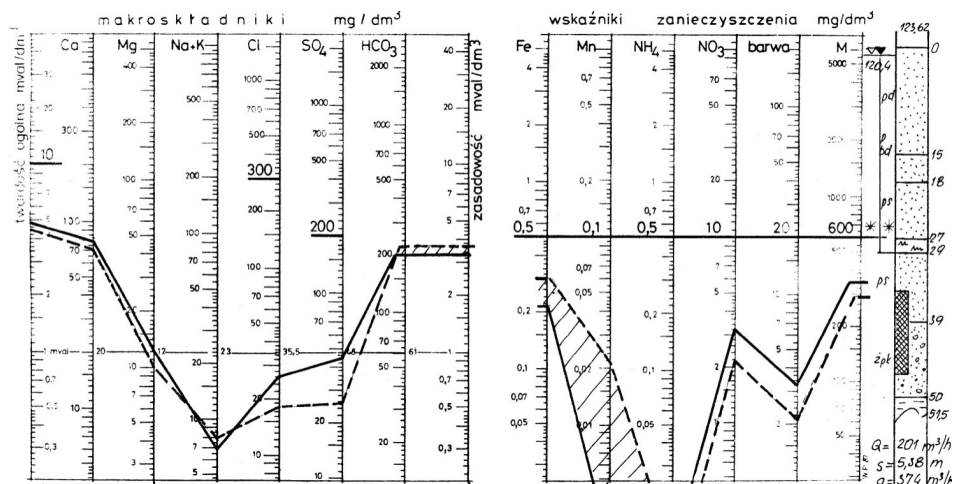
Data wykonania analizy	Nr studni					Średnio na ujęciu z wody mieszanej
	II	III	IV	V	VA	
29.09.1956	1,4					
11–19.06.1957	1,8	1,8	1,2			1,7
28.10.1960	6,0			2,2		2,0
22.11.1964				6,9		3,0
5.11.1965						3,4
12.11.1965						5,0
6.12.1965						4,0
18.04.1966				6,0		4,1
15.06.1967				6,0		4,5
9.09.1969						4,95
7.09.1971						6,0
18.10.1971						5,5
26.10.1972			3,0	4,0	9,0	5,3
8.11.1972			3,0	4,0	6,0	4,3
17.11.1972	3,5	4,5	4,0	5,0	7,0	5,0
7.10.1974						7,9
13.01.1975	2,0	2,2	3,5	6,7		4,6
16.05.1975	2,0		5,0	10,0	6,0	7,0
19.05.1975				12,0	9,0	10,5
20.05.1975				12,0	16,0	13,5
10.06.1975				15,0	21,0	18,0
11.07.1975	2,0	3,7	6,6	11,0	13,0	7,4
27.08.1975	3,6	4,0	6,6	12,0	17,0	8,6
4.09.1975	4,0	6,8	6,8	12,0	19,0	9,7
29.10.1975	3,4		7,0	12,0	20,0	12,4
11.12.1975	3,0		6,8	12,0	24,0	12,9

cji od 7,2 do 7,4 (Przybyłek, Wociechowski, 1989). Porównanie podstawowych wskaźników dla obu okresów przedstawiono dla studni osłonowej nr 4D na rysunku 6.3.23, a dla studni ujęcia komunalnego nr XI na rysunku 6.3.24. Zastosowana bariera ochronna okazała się skuteczna.

Wpływ zanieczyszczeń infiltrujących z Ołoboku jest równoważony dopływem lateralnym wód gruntowych do doliny Ołoboku. Wody dopływające górną warstwą od strony wysoczyzny powodują częściowe przeobrażenie zanieczyszczeń infiltrujących z Ołoboku w wyniku procesów utleniania. Największe ilości zanieczyszczeń z Ołoboku i z rejonu zabudowy miejskiej mogą przedostawać się w warunkach wysokich stanów, a w szczególności w okresie wylewania się wód na taras zalewowy.



Rys. 6.3.23. Porównanie chemizmu wód gruntowych w osadach rzecznych przy korycie Ołoboku na podstawie próbek pobranych ze studni osłonowej nr 4D w momencie rozruchu ujęcia Kęszyce (25 listopada 1987 r.) i po 9 miesiącach jego eksploatacji (22 sierpnia 1988 r.); szrafem skośnym oznaczono podstawowe pola zmiany stężenia składników (Przybyłek, Wojciechowski, 1989)



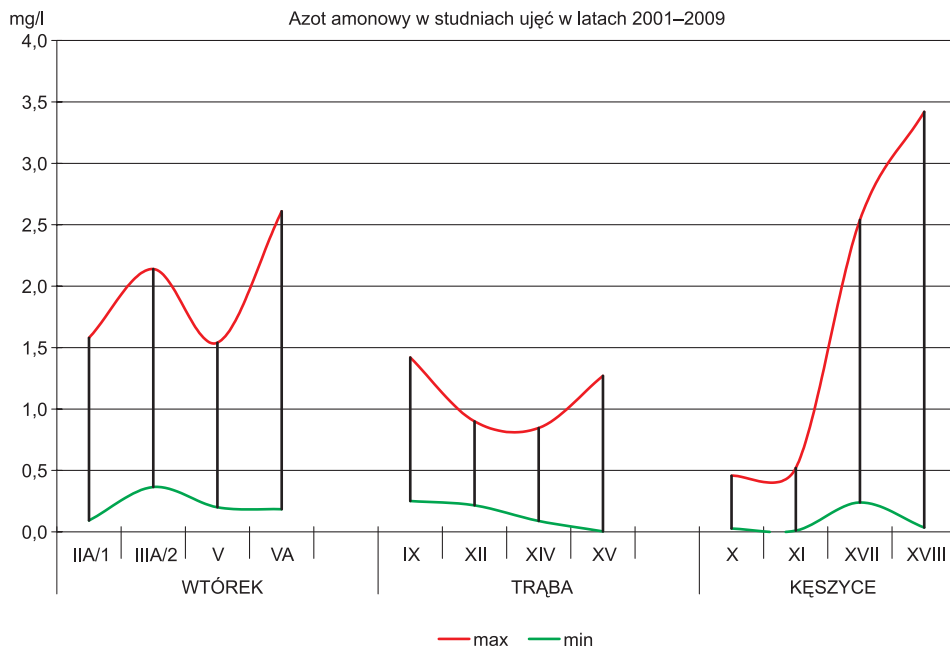
Rys. 6.3.24. Porównanie chemizmu wód w osadach doliny kopalnej Ołoboku na podstawie próbek pobranych ze studni nr XI (profil geologiczny obok wykresu) w momencie rozruchu ujęcia Kęszyce (25 listopada 1987 r.) i po 9 miesiącach jego eksploatacji (22 sierpnia 1988 r.); szrafem skośnym oznaczono podstawowe pola zmiany stężenia składników (Przybyłek, Wojciechowski, 1989)

Tabela 6.3.6. Chemizm wód przypowierzchniowych na tarasie zalewowym doliny Ołoboku określony na podstawie próbek pobranych w marcu 1978 r. z otworów geotechnicznych pod rurociąg przesyłowy wody z ujęcia Kęszyce do stacji uzdatniania we Wtórku (ujęcie wód podziemnych dla Ostrowa Wielkopolskiego) (Przybyłek, Wojciechowski, 1989)

Nr otworu geotechnicznego		42	44	46	48	50	52	58	63
Głębokość pobrania	[m]	2,40	2,70	3,00	0,20	1,60	1,00	0,85	0,50
Odczyn pH	–	4,65	5,90	4,20	3,60	3,60	6,55	7,10	4,30
Twardość ogólna	[mval/l]	3,8	2,1	4,3	3,8	3,8	6,8	3,3	2,9
Dwutlenek węgla agresywny	[mg CO ₂ /l]	35,2	52,8	57,2	68,2	37,4	39,6	26,4	68,2
Amoniak	[mg NH ₄ /l]	1,17	0,91	1,95	1,95	1,28	1,17	1,95	4,55
Siarczany	[mg SO ₄ /l]	202	106	215	208	202	186	104	125
Chlorki	[mg Cl/l]	39	34	30	37	38	71	22	17

Tabela 6.3.7. Zestawienie stężeń wybranych wskaźników jakości wód podziemnych na ujęciu komunalnym w dolinie Ołoboku: średnich w poszczególnych studniach oraz minimalnych, maksymalnych i średnich w ich grupach w latach 2001–2009 (mg/l) według danych z pracy Pajewskiego (2010)

Wskaźnik jakości	Studnie				Zbiór łączny dla grupy studni			
	Grupa studni – ujęcie Wtórek							
	IIA/1	IIIA/2	V	VA	Min.	Maks.	Średnia	Zbiór
Żelazo [Fe]	4,79	4,91	6,18	10,30	5,12	9,22	6,95	246
Mangan [Mn]	0,69	0,76	1,15	1,21	0,68	1,20	1,03	246
Chlorki [Cl]	49,37	51,24	53,41	52,12	47,51	61,67	52,07	179
Azotany [N _{NO3}]	0,28	0,25	0,23	0,18	0,01	0,63	0,23	243
Siarczany [SO ₄]	137,33	144,60	130,25	134,45	118,50	156,44	136,29	42
	Grupa studni – ujęcie Trąba							
	IX	XII	XIV	XV	Min.	Maks.	Średnia	Zbiór
Żelazo [Fe]	3,18	3,94	1,76	3,99	3,06	3,61	3,22	303
Mangan [Mn]	0,76	0,78	0,50	0,82	0,68	0,79	0,72	303
Chlorki [Cl]	36,22	42,26	38,68	38,66	33,00	41,70	39,03	203
Azotany [N _{NO3}]	0,23	0,20	0,34	0,19	0,06	0,53	0,24	297
Siarczany [SO ₄]	137,44	128,64	136,27	127,89	120,38	153,63	132,55	40
	Grupa studni – ujęcie Kęszyce							
	X	XI	XVII	XVIII	Min.	Maks.	Średnia	Zbiór
Żelazo [Fe]	0,78	0,25	8,42	0,35	0,96	3,01	1,99	219
Mangan [Mn]	0,22	0,06	0,84	0,27	0,23	0,33	0,29	218
Chlorki [Cl]	27,21	20,00	31,72	34,43	21,22	37,43	31,58	136
Azotany [N _{NO3}]	0,36	15,38	0,62	0,86	4,92	9,10	6,38	215
Siarczany [SO ₄]	114,91	104,20	112,38	123,83	88,25	125,00	114,20	46



Rys. 6.3.25. Porównanie zmienności zawartości azotu amonowego w wodach podziemnych w dolinie Ołoboku w latach 2001–2009 w poszczególnych studniach ujęć: Wtorek, Trąba, Kęszyce (na podstawie bazy danych z pracy magisterskiej Pajewskiego, 2010)

Aktualne warunki hydrogeochemiczne na ujęciu komunalnym są w miarę korzystne jak na warunki związane ze środowiskiem zalewowej doliny rzecznej.

W tabeli 6.3.7 przedstawiono wyniki obliczeń statystycznych wielkości średnich stężeń żelaza, manganu, azotanów i siarczanów w ostatniej dekadzie (2001–2009) w odniesieniu do poszczególnych studni oraz ich grup.

Utrzymuje się odmienność w kształtowaniu się warunków w zakresie zawartości żelaza i manganu: z wysoką ich zawartością dla rejonu Wtórka (6,95 mg Fe/l i 1,03 mg Mn/l) i malejącą na wschód, wraz ze zmniejszaniem się powierzchni tarasu zalewowego: Trąba (3,22 mg Fe/l i 0,72 mg Mn/l), Kęszyce (1,99 mg Fe/l i 0,29 mg Mn/l). Wysoka zawartość azotanów na ujęciu Kęszyce: 6,38 mg N_{NO_3} /l, a nawet w studni XI do 15,38 mg N_{NO_3} /l może być wskaźnikiem napływu zanieczyszczonych wód pól uprawnych w rejon tej studni, leżącej u wylotu rozcięcia morfologicznego w krawędzi wysoczyzny morenowej (rys. 6.3.13, 6.3.14). Również zakres zmienności azotu amonowego jest charakterystyczny dla ujęcia Kęszyce, ale w studniach położonych bliżej Ołoboku, na co wskazuje rysunek 6.3.25.

Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Zasoby eksploatacyjne komunalnego ujęcia wód podziemnych dla Ostrowa Wielkopolskiego w dolinie Ołoboku przed 1970 r. były ustalane w oparciu o metody hydrauliczne, a więc bazujące na obliczeniu współdziałania pojedynczych studni

w zespole na podstawie wyników ich indywidualnych próbnych pompowań (ujęcie Wtórek, Pilarczyk, 1956). Dopiero z początkiem lat 70. ubiegłego wieku przystąpiono do ustalenia zasobów eksploatacyjnych, stosując zespół nowoczesnych metod w postaci: wprowadzanych wówczas do polskiej hydrogeologii metod analizy filtracji nieustalonej w pompowaniach hydrowęzłowych (metody: Theisa, Hantusha, Boultona), obliczeń bilansu zasilania wód podziemnych na podstawie długoterminowych obserwacji stacjonarnych w hydrodynamicznych warunkach naturalnych i wymuszonych eksploatacją ujęć, modelowania analogowego procesów filtracji (integrator AP 600), przestrzennej interpretacji zmienności hydrochemicznej na podstawie poboru prób wody nie tylko ze studni ujęcia, ale z wielu innych punktów na obszarze zasilania ujęć (otwory badawczo-obserwacyjne, studnie kopane, wody powierzchniowe). Uzyskane wyniki badań i obliczeń pozwoliły na rozpoznanie procesów hydrogeologicznych, m.in. na udokumentowanie roli zasobów wzbudzonych w zasięgu leja depresji i ich roli w kształtowaniu się jakości wód czerpanych z ujęcia Wtórek, a także na sporządzenie wiarygodnych map hydroizohips w oparciu o liczne piezometry zainstalowane nie tylko w dolinie rzecznej, ale i na jej obrzeżach (rys. 6.3.14). Szeroko zakrojone badania terenowe, w tym rozpoznanie wiertnicze i elektrooporowe kopalnej doliny Ołoboku, umożliwiły sporządzenie wiarygodnego modelu obliczeniowego i dokonanie jego identyfikacji w badaniach analogowych, a następnie przeprowadzenie obliczeń wielkości zasobów eksploatacyjnych i składowych ich zasilania. W odniesieniu do kształtowania się jakości wód podziemnych udowodniono, że wzrost stężeń parametrów chemicznych, w tym w szczególności żelaza, jest wynikiem nadmiernych depresji rejonowych. Dlatego wskazano na celowość rozmieszczenia grup studni wzdłuż osi doliny w miejscach hydrogeologicznie i morfologicznie uprzywilejowanych (rys. 6.3.13, 6.3.14, 6.3.20), tak aby zmniejszyć współdziałanie studni. W sporządzonym w 1991 r. aneksie do dokumentacji z 1976 r. potwierdzono badaniami modelowymi, przeprowadzonymi za pomocą programu numerycznego SWW2 z biblioteki Hydrylib, zasadność wielkości ustalonych dotychczas zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego. Na poszerzonym obszarze modelu (rys. 6.3.20) dokonano dodatkowej oceny zasobów eksploatacyjnych dla programowanego ujęcia Latowice (rys. 6.3.14, 6.3.21) oraz przypisano szczegółowe wartości zasobów eksploatacyjnych poszczególnym grupom studni (Wtórek, Trąba, Kęszyce, Latowice) z oszacowaniem ich zasilania również z wód powierzchniowych (infiltracja z Ołoboku, zasoby wzbudzone). Wyko-

Tabela 6.3.8. Pobór wód podziemnych z grup studni i całego ujęcia komunalnego w Ostrowie Wielkopolskim na tle porównania do wielkości zasobów eksploatacyjnych

Grupa studni	Wtorek	Trąba	Kęszyce	Latowice	Ogółem
Zasoby eksploatacyjne [m ³ /h]	580	200	350	220	1350
Średni pobór wody [m ³ /h]					
1985	650 [112%]	–	–	–	650 [48%]
1991	500 [86%]	–	250 [71%]	–	750 [56%]
1999	259 [45%]	233 [116%]	76 [22%]	–	568 [42%]
2009	267 [46%]	85 [42%]	76 [22%]	–	428 [32%]

rzystano przy tym możliwość wytarowania modelu w odniesieniu do eksploatacji czynnych wówczas grup studni Wtórek i Kęszyce (Pleczyński i in., 1991).

W tabeli 6.3.8 zestawiono porównanie udokumentowanych zasobów eksploatacyjnych z wielkością ich wykorzystania w latach: 1985, 1991, 1999 oraz 2009.

Z porównania wynika, że sprawdzono użytkową eksploatacją wiarygodność zasobów oszacowanych w grupach studni (ujęciach) Wtórek (1985 r.) i Trąba (1999 r.) oraz zbliżono się eksploatacją do 71% wielkości zasobów eksploatacyjnych w grupie studni (ujęciu) Kęszyce. W rezerwie zasobowej pozostaje obszar Łatowice. W odniesieniu do całości udokumentowanych zasobów przekroczenie połowy ich wielkości miało miejsce jedynie w 1991 r. (56%). W latach 80. ubiegłego wieku pobór był zbliżony do 50%. W pierwszej dekadzie XXI w. łączny pobór obniżył się z 42 do 32% zatwierdzonych zasobów. Podstawowym ujęciem pozostaje przez cały czas grupa studni Wtórek, a inne ujęcia mają charakter wspomagający. Porównując uzyskiwany pobór z jakością wód w poszczególnych strefach doliny Ołoboku, należy stwierdzić, że w sensie racjonalnej gospodarki zasobami wodnymi ustalone zasoby w wielkości 1350 m³/h są maksymalnymi dla tego obszaru.

Literatura

- Adamczewski I., 1987. Zmiany warunków hydrogeologicznych związanych z eksploatacją wód podziemnych na międzyrzeczu Ołoboku i Baryczy. Praca magisterska napisana pod kier. prof. A. Kanieckiego w Instytucie Geografii Fizycznej UAM w Poznaniu.
- Baranowski J., 1987. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000. Arkusz Ostrów Wielkopolski, 658. PIG, Warszawa.
- Białobłocki J., 1999. Zmiany jakości wód podziemnych w osadach czwartorzędowych doliny rzeki Ołobok (ujęcie komunalne dla miasta Ostrowa Wielkopolskiego). Praca magisterska napisana pod kier. prof. J. Przybyłka w Zakładzie Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM w Poznaniu.
- Boniecki K., Jezierski J., 1995. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000. Arkusz Skalmierzyce, 621. PIG, Warszawa.
- Błaszczak T., Górski J., Przybyłek J., Wojciechowski J., 1993. Aktualizacja stref ochronnych ujęć wody dla miasta Ostrowa Wielkopolskiego. Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Centrum Badawcze Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zakład Hydrogeologii. Poznań (maszynopis).
- Dąbrowski S., Trzeciakowska M., Dąbrowska M., 2010. Badania modelowe dla potrzeb zasilania zbiornika retencyjnego Piaski-Szczygliczka w Ostrowie Wielkopolskim z infiltracyjnego ujęcia wód podziemnych. Biul. PIG, 442: 27–36.
- Leszczyński S., 2008. Studium hydrogeologiczne warunków eksploatacji wód podziemnych w rejonie miasta Ostrowa Wielkopolskiego. Praca magisterska napisana pod kier. prof. J. Przybyłka w Zakładzie Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM w Poznaniu.
- Pajewski K., 2010. Studium hydrogeochemiczne warunków eksploatacji komunalnego ujęcia wody dla miasta Ostrowa Wielkopolskiego w dolinie rzeki Ołobok w latach 2001–2009. Praca magisterska napisana pod kier. prof. J. Przybyłka w Zakładzie Hydrogeologii i Ochrony Wód UAM w Poznaniu.
- Pilarczyk L., 1956. Dokumentacja hydrogeologiczna na ujęcie wody w Ostrowie Wielkopolskim. Archiwum KG Zachód, Oddział w Poznaniu (maszynopis).
- Pleczyński J., Rynarzewski W., Wojciechowski J., 1991. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej w kat. B z utworów czwartorzędowych w rejonie Ostrowa Wlkp. (ujęcie ko-

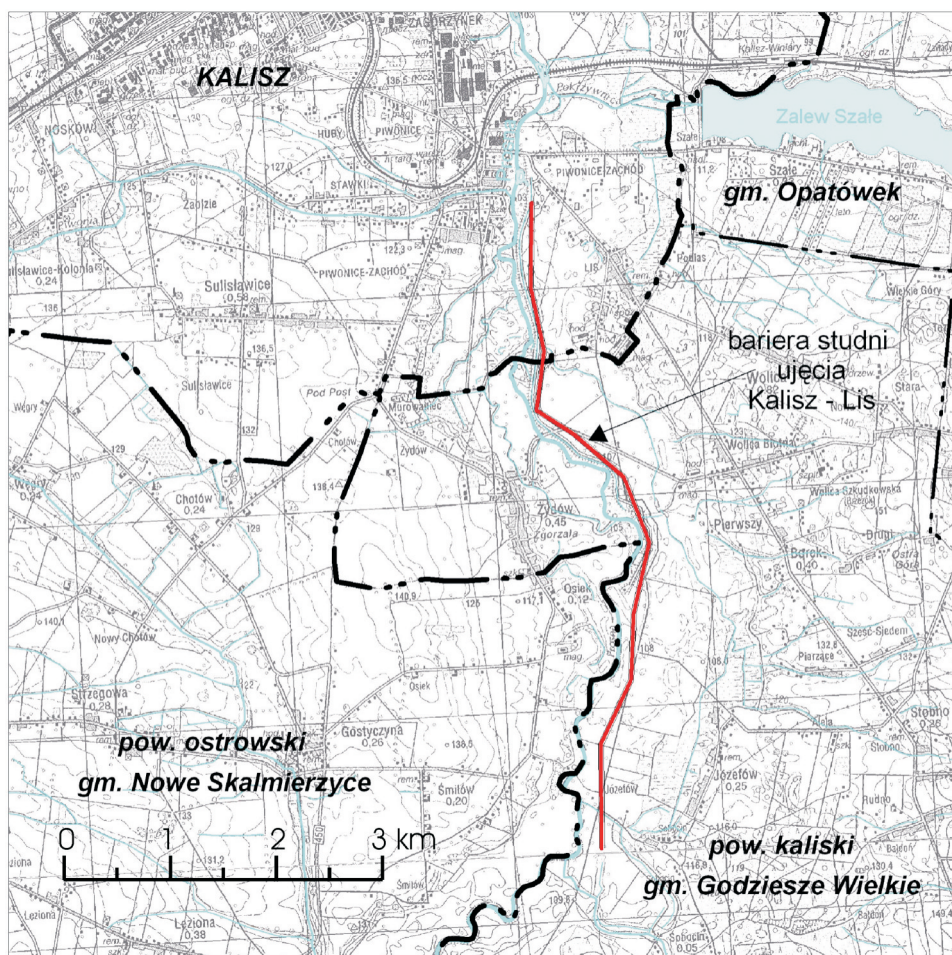
- munalne w dolinie Ołoboku, dokum. podstawowa z 1976 r.). Przeds. Geol., Oddział w Poznaniu.
- Przybyłek J., 1984. Synteza dokumentacji hydrogeologicznej pt.: Zasady wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla rejonu miasta Ostrowa Wlkp. Archiwum Kombinatoru Geologicznego „Zachód”, Oddział w Poznaniu (maszynopis).
- Przybyłek J., 1986. Zmiany stosunków wodnych na obszarach lejów depresyjnych ujęć. Mat. Ogólnopolskiej Konf. Hydr. „Hydrologia regionalna i procesy hydrologiczne w zlewniach”. Wyd. Naukowe UAM, Poznań, s. 161–166.
- Przybyłek J., 1988. Hydrochemia czwartorzędowego systemu wodonośnego na międzyrzeczu Baryczy i Ołoboku (Wielkopolska Południowa). Sympozjum czecho-słowacko-polskie „Ochrona podziemnych vod pred znečistenim”, Tatranska Štrba.
- Przybyłek J., 1988. Koncepcja szczegółowa ochrony zbiornika wód podziemnych „dolina Ołoboku”. Raport z realizacji zadania CPBP 04.10.09. „Strategia ochrony wód podziemnych”. Przeds. Geol., Poznań (maszynopis).
- Przybyłek J., Kaniecki A., Ziętkowiak Z., 1991. Zmiany jakości wód podziemnych na ujęciu komunalnym w Ostrowie Wielkopolskim. Bad. Fizj. nad Polska Zachodnią, XLI, A, 115–133.
- Przybyłek J., Kozłowski B., 1987. Sprawozdanie z okresowych badań hydrogeologicznych nad eksploatacją zasobów ujęć przemysłowych w Ostrowie Wlkp. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Ośrodek Badań Hydrogeologicznych i Modelowania Matematycznego (OBH i MM), Poznań (maszynopis).
- Przybyłek J., Wojciechowski J., 1989. Ochrona ujęcia wód podziemnych w dolinie Ołoboku przed zanieczyszczeniem wodami rzecznyymi i przypowierzchniowymi. Sympozjum polsko-czecho-słowackie „Ochrona i zanieczyszczenie wód podziemnych”, Darłówko, Przedsiębiorstwo Geologiczne, Wrocław, s. 239–250.
- Przybyłek J., Wojciechowski J., Racinowska Z., 1979. Zasoby wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla rejonu miasta Ostrowa Wlkp. Archiwum Kombinatoru Geologicznego „Zachód”, Oddział w Poznaniu (maszynopis).
- Przybyłek J., Wojciechowski J., Zielińska A., 1976. Dokumentacja hydrogeologiczna w kategorii „B” komunalnego ujęcia wód podziemnych w Ostrowie Wlkp. Przeds. Hydrogeologiczne w Poznaniu (maszynopis).
- Wojciechowski J., 1992–1994. Sprawozdania z okresowego nadzoru geologicznego (za lata 1992–1994) nad eksploatacją zasobów przez ujęcie komunalne dla Ostrowa Wielkopolskiego w dolinie Ołoboku. Przeds. Geol. we Wrocławiu, Proxima S.A., Oddział w Poznaniu (maszynopis).
- Ziółkowski M., 2001–2008. Sprawozdania roczne z badań hydrogeologicznych nadzoru nad eksploatacją ujęć komunalnych miasta Ostrowa Wielkopolskiego wraz z badaniami monitoringowymi stref ochronnych tych ujęć. Przeds. Geol. we Wrocławiu, Proxima S.A., Oddział w Poznaniu (maszynopis).

6.3.3. Ujęcie Kalisz–Lis dla Kalisza

Stanisław Dąbrowski, Magdalena Matusiak

Wstęp

Opisywane ujęcie wody jest podstawowym ujęciem komunalnym Kalisza zlokalizowanym w dolinie Prosnny w formie liniowej bariery o długości około 10 km od krańców południowych miasta aż po wieś Zadowice (rys. 6.3.26). Właścicielem i użytkownikiem ujęcia jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., ul. Nowy Świat 2a, 62-800 Kalisz. Ujęcie bazuje na plejstocenijskim poziomie wodonośnym doliny kopalnej Prosnny z interglacjałów eemskiego i mazowieckiego. Zasoby wód podziemnych ujęcia Kalisz–Lis zostały udokumentowane w latach 1968–1978. Zasoby eksploatacyjne w ilości $Q = 1770 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji rejon-



Rys. 6.3.26. Lokalizacja ujęcia

wej $Sr = 1,7-3,5$ m, zatwierdzone na podstawie dokumentacji hydrogeologicznych z 1972 r. dla I obszaru zasobowego i z 1978 r. dla obszaru II. Aktualny pobór wody z ujęcia wynosi około $306 \text{ m}^3/\text{h}$ ($7344 \text{ m}^3/\text{d}$). Woda wykorzystywana jest do zaopatrzenia w wodę mieszkańców miasta Kalisza oraz zakładów przemysłowych. Eksploatację ujęcia rozpoczęto w 1976 r. trzema studniami, aktualnie eksploatuje się przemiennie 35 studni.

Lokalizacja ujęcia

Ujęcie komunalne Kalisz–Lis położone jest na południe od miasta Kalisza, obejmując swym zasięgiem 10-kilometrowy odcinek doliny rzeki Prozny, pomiędzy mostem drogowym Kalisz–Piwonice na północy, a miejscowością Zadowice na południu. Administracyjnie teren ten leży w obrębie gmin m. Kalisz i Godziesze Wielkie, powiat kaliski, województwo wielkopolskie.

W podziale wodnogospodarczym ujęcie znajduje się w Regionie Wodnym Waroty, obszar bilansowy Proсна – P-VIII, rejon D-VIII B – Śródkowa i Dolna Proсна. W podziale regionalnym hydrogeologicznym jest to region VI – wielkopolski (Paczyński, Sadurski, 2005).

Problematyka eksploatacyjna i badawcza

Ujęcie Kalisz–Lis jest ujęciem dolinnym, brzegowym zasilanym z dopływów bocznych i infiltracji z rzeki Prozny.

Według dokumentacji hydrogeologicznych zasobowych z 1972 i 1978 r. w bilansach zasobów eksploatacyjnych $Q = 1770 \text{ m}^3/\text{h}$ i obszarach zasobowych o łącznej powierzchni około 14 km^2 zasadniczą część zasobów ujęcia pochodzi z zasilania z rzeki Prozny poprzez infiltrację z wód powierzchniowych do poziomu gruntowego. Według powyższych dokumentacji zasilanie to wynosi odpowiednio 89% w I obszarze zasobowym (rejon Lis) i 52% w obszarze II (rejon Zadowice).

Według badań modelowych (Dąbrowski i in., 2008) i odtworzenia stanu eksploatacji z 2007 r. w wielkości $306 \text{ m}^3/\text{h}$, przesączenie z wód powierzchniowych rzeki Prozny i jej dopływów wyniosło $49,6 \text{ m}^3/\text{h}$, tj. 16,2%. Natomiast przy prognozowanej perspektywicznej eksploatacji ujęcia $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ głównymi składowymi zasilania są:

- infiltracja opadów w obszarach zasilania $F = 13,44 \text{ km}^2 - 237 \text{ m}^3/\text{h} - 24\%$,
- zasilanie z cieków – $407 \text{ m}^3/\text{h} - 41\%$,
- dopływy spoza doliny – $356 \text{ m}^3/\text{h} - 36\%$.

Z powyższych zestawień bilansowych wynika, że przy zwiększaniu wydatku w zasilaniu ujęcia rośnie udział infiltracji z cieków powierzchniowych, głównie z rzeki Prozny. Taka sytuacja wpływa na ciągłą zmianę jakości pozyskiwanej wody w sukcesywnie rozwijającej się barierze ujęcia. Z badań jakości wód z okresu dokumentowania zasobów eksploatacyjnych i obserwacji w trakcie eksploatacji ujęcia wynika, że na jakość wód głównie mają wpływ:

- naturalne warunki związane z poziomami wodonośnymi i występowaniem mułków, torfów oraz materii organicznej na tarasach holocenских,
- zasilanie z wód powierzchniowych cieków,
- zanieczyszczenia antropogeniczne,

- wielkość eksploatacji ujęcia.

Powyższe czynniki wpływają na zmianę jakości wód w poszczególnych sektorach bariery. Oprócz tych czynników obserwuje się wyraźny wpływ zmian warunków hydrometeorologicznych w cyklu rocznym, jak również w wieloleciu. Występuje wyraźna zmiana jakości w latach suchych oraz mokrych, wyrażona poprzez zmiany zawartości związków żelaza, manganu oraz azotanów i amoniaku. Ogólnie jakość wód ujęcia jest dobra, wody te wymagają jedynie prostego uzdatniania w zakresie związków żelaza i manganu występujących w ilościach ponadnormatywnych.

Historia badań hydrogeologicznych i eksploatacji ujęcia

Prace poszukiwawcze w utworach czwartorzędowych w rejonie Kalisz–Lis zostały zapoczątkowane w 1961 r. i trwały z przerwami do 1978 r., kiedy ostatecznie przedstawiono dokumentację zasobów eksploatacyjnych w kategorii B rejonu Lis–Zadowice (Karpa, Przybyłek, 1978). W okresie tym wykonano:

- a) Rozpoznanie ogólne poprzez 16 otworów poszukiwawczych (1–16) i trzy otwory rozpoznawcze (I–III) oraz dokumentację zasobów w kategorii C w 1963 r.
- b) Rozpoznanie szczegółowe w postaci badań geofizycznych elektrooporowych odcinka doliny Proсны od miejscowości Piwonice do miejscowości Żydów (obszar I), 13 otworów poszukiwawczych (17–29) oraz dokumentacji wynikowej w kategorii B+C (Karpa, 1968).
- c) 15 otworów studziennych (IV–XVIIIa) dla projektowanego ujęcia w dwóch barierach: I – wzdłuż rzeki Proсны; II – wzdłuż wschodniej krawędzi doliny.
Ponieważ uzyskane wyniki badań odbiegały znacznie od przewidywanych (brak warstwy w kilku otworach oraz wysoka zawartość związków żelaza i manganu w niektórych otworach), dla uściślenia zasobów w kategorii B zaprojektowano wykonanie 7 piezometrów dla uzupełnienia sieci obserwacyjnej.
- d) 7 piezometrów oraz pompowanie zespołowe 12 otworów przez okres 3 miesięcy. Na podstawie wyników pompowania i badań modelowych dokonano korekty rozwoju ujęcia i zaprojektowano ujęcie brzegowe, rezygnując z bariery tarasowej, oraz opracowano dokumentację hydrogeologiczną, ustalając zasoby ujęcia w kategorii B dla obszaru I – rejon m. Lis (Karpa, Przybyłek, 1972).
- e) Dalsze badania: geofizyczne, hydrogeologiczne i modelowe w kierunku południowym do Zadowic, prowadzące do ostatecznego udokumentowania zasobów eksploatacyjnych przedmiotowego ujęcia w kategorii B w rejonie Lis–Zadowice w ilości $Q = 1770 \text{ m}^3/\text{h}$ (Karpa, Przybyłek, 1978).

Obecnie PWiK Sp. z o.o. w Kaliszu ma pozwolenie wodnoprawne na pobór wód w wielkości $Q_{\text{max}} = 1716,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (tj. $41\,184,0 \text{ m}^3/\text{d}$) wydane przez wojewodę kaliskiego – decyzja nr OSgw6210/5/98 z dnia 12 lutego 1997 r. Tą samą decyzją dla studni wchodzących w skład ujęcia brzegowego została ustanowiona strefa ochronna obejmująca teren ochrony bezpośredniej w postaci wygrozonego pasa o powierzchni $1,4 \text{ km}^2$ i szerokości 100–250 m od prawego brzegu koryta Proсны wzdłuż przebiegu bariery studziennej na długości około 4 km. Ostatecznie strefa ochronna ujęcia Kalisz–Lis, obejmująca tereny ochrony pośredniej o powierzchni $10,57 \text{ km}^2$, została ustanowiona w 2009 r. na podstawie dodatku do dokumentacji zasobowej z 1978 r. opra-

w okresach największego rozbioru wody – eksploatowane są wszystkie jednocześnie. W studniach zamontowane są pompy głębinowe tłoczące wodę do rurociągu zbiorczego odprowadzającego ją do stacji uzdatniania w Piwonicach na przeciwnym brzegu Proсны.

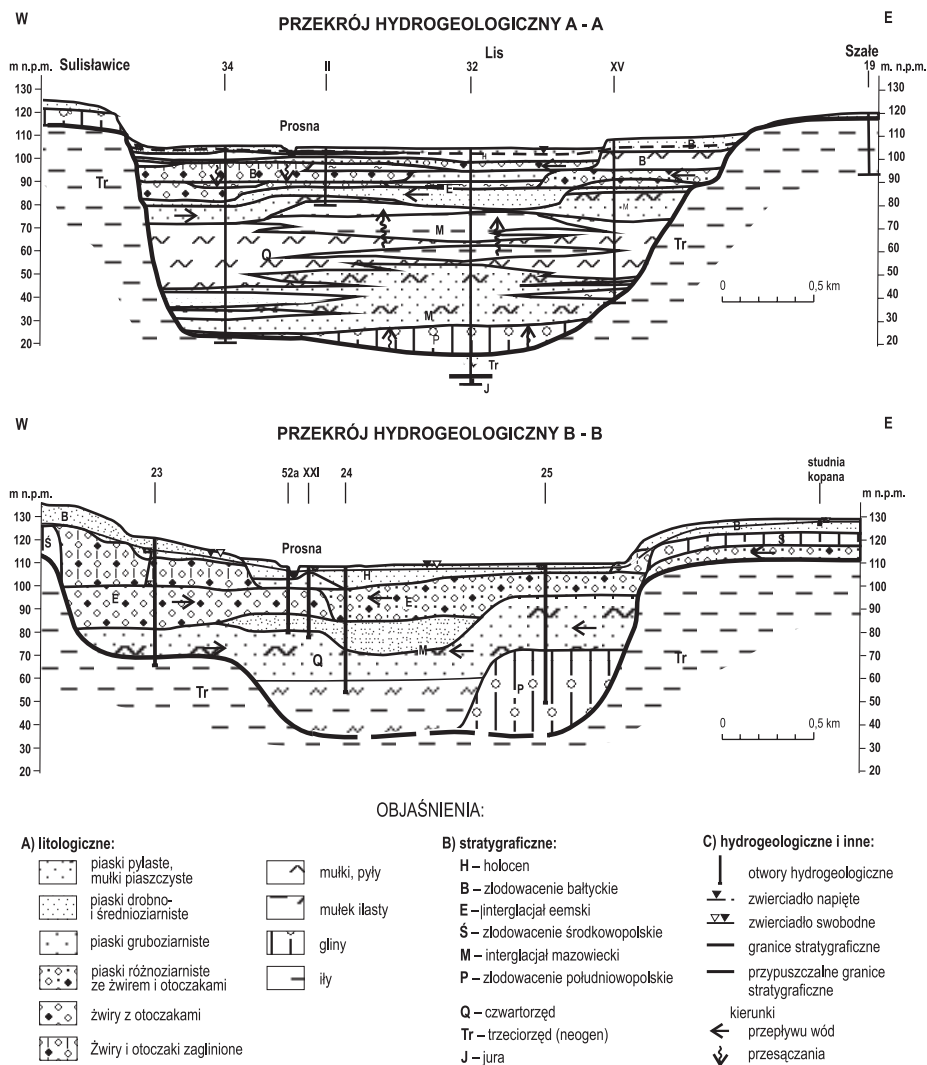
Warunki hydrogeologiczne

Eksploatowane wody podziemne piętra czwartorzędowego występują w piaszczysto-żwirowych utworach doliny Proсны. Szczegółowa budowa geologiczna oraz warunki hydrogeologiczne zostały opracowane i opisane w publikacjach i dokumentacjach dotyczących zarówno ujęcia Lis, jak i jego rejonu. Sporządzone na ich podstawie przekroje (rys. 6.3.28) ilustrują warunki hydrogeologiczne oraz budowę geologiczną w dokumentowanym obszarze.

Forma dolinna, w której występuje poziom wodonośny, wyerodowana została w ilach neogenu w okresie przedzłodowaceniowym (interstadiał kromerski). W kolejnych okresach ulegała ona kilkakrotnemu zasypaniu i odnawianiu (Dąbrowski, 1991). Przeciętna miąższość osadów czwartorzędowych jest zmienna i waha się w granicach 16–26 m (maksymalnie do 64 m).

Najstarszymi obserwowanymi osadami są gliny morenowe zlodowacenia południowopolskiego, zachowane lokalnie w postaci ostańców erozyjnych oraz występujące powszechnie osady interglacjału wielkiego: piaski, żwiry i mułki aluwialne, a także ily, mułki i piaski mułkowate – stanowiące najprawdopodobniej sediment jeziora utworzonego w południkowym obniżeniu dolinnym pra-Proсны w okresie transgresji lądolodu środkowopolskiego. Najmłodszyymi osadami w dolinie są piaski różnoziarniste, mułki i mady oraz namuły i torfy (o miąższości dochodzącej do 8 m) terasy niskiej, powstałe w okresie schyłkowym zlodowacenia bałtyckiego i w holocenie (Dąbrowski, 1991).

Eksploatowane na ujęciu Kalisz–Lis wody podziemne występują w piaskach i żwirach doliny kopalnej z interglacjałów wielkiego i eemskiego. Osady te w południowej części dokumentowanego ujęcia tworzą jeden poziom wód gruntowych (o charakterze swobodnym) z utworami współczesnej doliny rzecznej (z okresu holocenijskiego) (rys. 6.3.28, przekrój B–B). Występujące w północnej części omawianego obszaru słabo przepuszczalne osady ilasto-mułkowe, torfowe i gliniaste, o miąższości w granicach 0,3–19,0 m, zdeponowane zostały we wczesnym etapie transgresji lądolodu z okresu zlodowacenia bałtyckiego podczas sedimentacji o charakterze zastoiskowym (rys. 6.3.28, przekrój A–A). Zwierciadło wody ujmowanego kompleksu wodonośnego zalega przeważnie na głębokości od 1,0 do 2,0 m na tarasie niskim i 7,0–40,0 m na tarasie nadzalewowym, w zależności od morfologii terenu i stanów wód w Prośnie oraz innych ciekach. W obszarach występowania osadów rozdzielających poziomy wodonośne ciśnienie hydrostatyczne użytkowego poziomu wodonośnego (warstwa dolna) jest zbliżone do ciśnienia w górnej warstwie, wykazując w strefie przyrzecznej nieznacznie wyższe wartości, a na tarasach nadzalewowych niższe od ciśnienia nadległego poziomu gruntowego. Zbliżone wartości ciśnienia hydrostatycznego wyróżnionych poziomów wskazują na ich wzajemny kontakt hydrauliczny. Stan hydrodynamiczny przy obecnej eksploatacji ujęcia, wynoszącej w 2007 r. 306,0 m³/h oraz prognozowanej w wysokości



Rys. 6.3.28. Przekroje hydrogeologiczne (A-A, B-B)

1000 m³/h, przedstawiony został na mapach hydroizohips (rys. 6.3.31). W schematyzacji warunków krążenia wód dla potrzeb badań rejonu ujęcia przyjęto układ dwóch warstw wodonośnych rozdzielonych w północnej części obszaru badań słabo przepuszczalną warstwą w postaci ilów, mulków i glin.

Górna warstwa wodonośna poziomu gruntowego, związana z osadami holocenu i górnego plejstocenu, ma miąższość 0,5–10 m i współczynnik filtracji k w zakresie wartości od 0,3–0,7 m/h dla piasków drobnoziarnistych i do 2,0 m/h dla żwirów i pospółek.

Dolna warstwa wodonośna, doliny kopalnej i poziomu fluwioglacjalnego z plejstocenu, osiąga miąższości od 0,5 do 32,4 m, a jej parametry hydrogeologiczne na

podstawie obserwacji filtracji nieustalonej w czasie próbnych pompowań wynoszą od 0,04–0,8 m/h dla frakcji mułkowych do 1,2–1,5 m/h dla frakcji żwirowo-piaszczystej.

Wydajność jednostkowa, uzyskiwana w studniach, wynosi od 3,0 do 25,0 m³/h/m, przy średniej około 10,0 m³/h/m.

Eksploatowany system wodonośny zasilany jest na drodze bezpośredniej infiltracji opadów, z wód powierzchniowych Prosny i dopływów bocznych z wysoczyzn.

W podłożu systemu wodonośnego doliny Prosny tego rejonu występują wody podziemne brzeżnej części mioceńskiego zbiornika wielkopolskiego oraz piętra jurajskiego. Brak danych o rozpoznaniu poziomów tych wód w rejonie ujęcia. Z przesłanek hydrogeologicznych wynika, że omawiany odcinek doliny stanowi bazę drenażu wód zbiornika mioceńskiego i jurajskiego jury dolnej i środkowej, a wielkość drenażu tych wód szacuje się na około 70 m³/h.

Infrastruktura ujęcia oraz jego monitoring

Ujęcie Lis zlokalizowane jest w odległości około 100–150 m od rzeki Prosny, na jej prawym brzegu (rys. 6.3.27). Na ujęciu czynnych jest 35 studni rozmieszczonych w formie bariery liniowej, pracujących naprzemiennie z wydajnościami w granicach od 7,8 m³/h (studnia XLVIIIa) do 40,8 m³/h (studnia XXXIXb). Wszystkie studnie na ujęciu ujmują osady czwartorzędowe poziomu wodonośnego doliny Prosny i zafiltrowane są w przedziale głębokości 11,0–30,0 m, a dopuszczalne wydajności eksploatacyjne poszczególnych studni wynoszą 18,0–110 m³/h (najwyższe w studni XIXa, a najniższe w otworze nr XXVIIIb).

Studnie mają następujące parametry techniczne:

- średnica otworu 315 mm i 356 mm,
- głębokość otworu 26–32 m,
- wydajność 15–80 m³/h,
- filtr studzienny: łódzki siatkowy, PCV.

Obudowy studni, częściowo zagłębione, wykonane są z kręgów betonowych o średnicy Ø 1800 mm z umieszczonymi wewnątrz wannami metalowymi, przykryte płytami betonowymi ze stalowymi podwójnymi włączkami zamykanymi na kłódkę. Górna część obudowy wyniesiona jest nad powierzchnię terenu na wysokość od 0,5–1,5 m. Uzbrojenie studni stanowią: głowica studzienna, przepustnica, zawór zwrotny i wodomierz Ø 100. Na rurociągu zamontowany jest kran czerpalny do poboru wody surowej. Studnie nr IXb i XXXb mają szczelne obudowy wykonane w technologii rury GRP, producent Amitech Poland, armatura jak wyżej. Projektowane nowe studnie na ujęciu LIS będą również miały obudowy GRP.

Woda z eksploatowanych studni czerpana jest pompami głębinowymi do rurociągu zbiorczego, który odprowadza ją do znajdującej się na przeciwległym brzegu Prosny – w Piwonicach – stacji uzdatniania, skąd po uzdatnieniu, szczególnie ze związków żelaza i manganu, pompowana jest do zbiorników przy ul. Smolnej i do sieci wodociągowej. Proces uzdatniania polega na napowietrzaniu wody w układzie otwartym, przetrzymywaniu jej w komorze reakcji i dalej na filtracji pospiesznej z prędkością około 7,5 m/h przez złoża filtracyjne o wysokości 1,5 m. Przepustowość stacji wynosi $Q = 1000,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Woda uzdatniona gromadzona jest

w 2 zbiornikach wody czystej, o łącznej pojemności 4000,0 m³. Ze zbiorników pobierana jest przez pompy II° i tłoczona magistralą do zbiorników wyrównawczych przy ul. Smolnej. Stacja Uzdatniania Wody Lis zaopatruje w wodę miasto Kalisz oraz częściowo gminy: Opatówek, Godziesze Wielkie, Nowe Skalmierzyce, Gołuchów.

Monitoring ujęcia obejmuje rejestr wielkości poboru wody, okresowe badania jakości wody, wykonywanie pomiarów wydajności i pomiarów dynamicznego zwierciadła wody w eksploatowanych otworach.

Do końca 2006 r. jakość wody z poszczególnych studni badana była dwukrotnie w ciągu roku w zakresie następujących parametrów: twardość ogólna, mętność, barwa, zapach, odczyn, żelazo, mangan, amoniak, azotany, azotyny, indeks nadmanganianowy, chlorki, przewodność oraz stan bakteriologiczny. Ponadto 4 razy w miesiącu badana była jakość wody surowej – mieszanej z eksploatowanych w dniu poboru studni, w zakresie wyżej wymienionych parametrów. Dodatkowo średnio 3 razy w tygodniu prowadzone są badania zawartości żelaza i manganu z uwagi na wysokie stężenia tych parametrów występujące w ujmowanych wodach. Od 2007 r. badania fizyczno-chemiczne wody surowej z poszczególnych otworów wykonywane są raz w roku, natomiast surowa woda mieszana badana jest dwa razy w roku. Zakres badanych parametrów nie uległ zmianie.

Raz na kwartał wykonuje się pomiary dynamicznego zwierciadła wody we wszystkich studniach.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych

Początki dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia Lis sięgają lat 60. XX w. i wiążą się z rozpoznaniem hydrogeologicznym północnej części budowanego ujęcia (obszar I – ograniczony zasięgiem występowania obecnych studni IXb – XLVc (rys. 6.3.27). Na tym etapie, w oparciu o przeprowadzone próbne pompowanie 19 otworów hydrogeologicznych, ustalono dla powyższego obszaru zasoby eksploatacyjne wód podziemnych w kategorii C w wysokości 955 m³/h, przy depresji 6–10 m, w tym w kategorii B w ilości 173 m³/h, przy dopuszczalnej depresji rejonowej 8 m (dec. prezesa CUG z dnia 23 września 1964 r. nr KDH/1389/M/2340/64). Dalsze prace badawcze i poszukiwawcze wznowione w 1966 r. (obejmujące zarówno obszar, I jak i zlokalizowany na południe od niego obszar II – sięgający od Żydowa aż po wieś Zadowice na południu) doprowadziły do ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia Lis w kategorii B w wielkości $Q = 1026 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji 8 m, dla I obszaru oraz 1840 m³/h, przy depresji 8 m w kategorii C dla II obszaru (decyzja prezesa CUG z dnia 2 maja 1968 r. nr KDH/013/2636/W/68). Ówczesne rozpoznanie terenu bazowało łącznie na wynikach wierceń 32 otworów poszukiwawczych i rozpoznawczych oraz wynikach badań elektrooporowych. Wielkość zasobów oszacowana została za pomocą wzorów empirycznych w oparciu o wyniki indywidualnych pompowań parametrycznych poszczególnych otworów hydrogeologicznych. Wyniki prac i badań prowadzonych po 1968 r. znacznie odbiegały od założonych w projekcie prac hydrogeologicznych. Większość indywidualnych pompowań pomiarowych prowadzono w trzech cyklach dynamicznych. Ich wyniki wykazały szeroką rozpiętość wydatków jednostkowych ujętego poziomu wodonośnego od około 1 m³/h/m (otwór

XV) do około $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (w otworze XVIIIa), uniemożliwiając w dalszym ciągu jednoznacznie interpretację warunków hydrogeologicznych.

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie w 1971 r. próbnej eksploatacji zespołowej 13 otworów rozmieszczonych w dwóch barierach (I wzdłuż rzeki Proсны na tarasie zalewowym oraz II na prawobrzeżnym tarasie nadzalewowym), przy jednoczesnych obserwacjach zwierciadła wody w 40 otworach piezometrycznych. Objęty badaniami rejon rozciągał się od Piwonice do m. Zadowice i wynosił około 30 km^2 . Związki wód podziemnych z wodami powierzchniowymi Proсны określono poprzez obserwacje na istniejącym wodowskazie Piwonice oraz 7 dodatkowo zainstalowanych stanowiskach wodowskazowych. Pompowanie zespołowe prowadzono poprzez sukcesywne włączanie kolejnych zespołów studni, z ich maksymalnymi wydatkami, osiągając docelowo wydatek w wysokości $Q = 873 \text{ m}^3/\text{h}$. Pompowanie zespołowe wykonywano przy niskich stanach wody w rzece Proсны i dolinie. W trakcie 3-miesięcznego pompowania zespołowego nie udało się osiągnąć przepływu ustalonego. Oznaki stabilizacji zwierciadła dynamicznego obserwowano jedynie w barierze usytuowanej wzdłuż Proсны (południowy odcinek obszaru I). Odnotowano mianowicie stopniowe pogarszanie się jakości wody w miarę czasu pompowania, zwłaszcza w zakresie wzrostu związków Fe i Mn.

Przebieg próbnego pompowania zespołowego odtworzono na modelu analogowym zbiornika wód podziemnych, odzwierciedlającym ówczesny stan jego rozpoznania. Wytarowany model umożliwił przeprowadzenie prognozy docelowej eksploatacji i określił możliwość rozbudowy ujęcia Lis w rejonie Kalisza. Przeprowadzone obliczenia prognostyczne wykazały, że w warunkach pracy ujęcia w wielkości przedstawionych do zatwierdzenia zasobów eksploatacyjnych, tj. $736 \text{ m}^3/\text{h}$ z I obszaru zasobowego, zasilanie z wód powierzchniowych Proсны wyniesie $650 \text{ m}^3/\text{h}$, co stanowić będzie 89% zasobów ujęcia i około 17,4% przepływu gwarantowanego Proсны.

W oparciu o powyższe ustalenia skorygowano ustalone w poprzedniej dokumentacji na dzień 15 lutego 1968 r. zasoby eksploatacyjne dla obszaru I do wielkości $736 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 8 \text{ m}$ (dec. prezesa CUG nr KDH/013/3505/B/72 z dn. 29 września 1972 r.). Zasoby te nie zabezpieczały jednak w pełni perspektywicznego zapotrzebowania miasta Kalisza na wodę, w związku z czym zaprojektowano zakres następnych prac i badań zmierzających do uzyskania kolejnych ilości zasobów wód podziemnych, przewidując rozwój ujęcia w kierunku południowym (obszar II), wykonując również badania modelowe. Dla zwiększenia stopnia rozpoznania warunków panujących w obrębie koryta rzeki w roku 1974 wykonano także badania infiltrometryczne. Stwierdzony współczynnik filtracji pionowej osadów dennych Proсны wynosił $0,5\text{--}5,7 \text{ m}/\text{h}$ dla osadów piaszczystych i żwirowych oraz $0,06\text{--}0,08$ dla osadów pylasto-ilastych złożonych w brzegach rzeki.

Uzyskane składniki zasilania II obszaru zasobowego przy prognozowanej eksploatacji w wielkości $1170 \text{ m}^3/\text{h}$ wynosiły: infiltracja z Proсны – $630 \text{ m}^3/\text{h}$, infiltracja opadów atmosferycznych – $140 \text{ m}^3/\text{h}$, dopływy boczne w I warstwie – $136 \text{ m}^3/\text{h}$, w II warstwie – $264 \text{ m}^3/\text{h}$. Projektowaną wydajność ujęcia obniżono o $140 \text{ m}^3/\text{h}$ w stosunku do powyższych obliczeń, uwzględniając tym samym współdziałanie dokumentowanego obszaru II z graniczącym od północy obszarem I, w efekcie cze-

go do zatwierdzenia przedstawiono $Q_e = 1030 \text{ m}^3/\text{h}$ z II obszaru zasobowego. W wielkości tej $540 \text{ m}^3/\text{h}$ pochodziło z rzeki Prosny, co stanowiło około 52% oszacowanych dla tego fragmentu bariery ujęcia Lis zasobów eksploatacyjnych.

Ostatecznie w oparciu o wyniki przedstawione w powyższych dokumentacjach z 1972 i 1978 r., na podstawie przeprowadzonych próbnym pompowań hydrowęzłowych i badań modelowych, zasoby eksploatacyjne wód podziemnych z utworów czwartorzędowych przedmiotowego ujęcia zostały zatwierdzone w łącznej ilości $Q = 1770 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji rejonowej $S_r = 1,7\text{--}3,5 \text{ m}$, w tym dla obszaru I – Piwonice–Żydów – $736 \text{ m}^3/\text{h}$ i $1030 \text{ m}^3/\text{h}$ dla obszaru II – Żydów–Zadowice (decyzja prezesa Centralnego Urzędu Geologii nr KDH/013/4458/B/79 z dnia 3 lipca 1979 r.). Zasoby te obowiązują do dzisiaj w niezmienionej formie pomimo znacznego spadku zapotrzebowania na wodę z tego ujęcia do wielkości $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$. Dla tej wielkości poboru wody określono w 2008 r. obszar i bilans zasilania oraz ustalono granice strefy ochronnej ujęcia (Dąbrowski i in., 2008).

Jakość ujmowanych wód w okresie funkcjonowania ujęcia

Ocenę chemizmu wód ujęcia Lis w Kaliszu przeprowadzono w oparciu o archiwalne wyniki analiz jakości wód podziemnych z okresu wiercen poszczególnych studni, tj. z lat 1971–1996, oraz analiz wykonywanych przez Laboratorium PWiK Sp. z o.o. w Kaliszu, w latach 1997–2010, w ramach prowadzonego monitoringu ujęcia. Wody te przed rozpoczęciem eksploatacji, a więc do 1976 r., należały do wód słodkich, słabo zmineralizowanych, o suchej pozostałości rzędu $189\text{--}349 \text{ mg/l}$, odczynie słabo zasadowym – pH $7,1\text{--}7,6$, średniej twardości $3\text{--}4 \text{ mval/l}$. Zawartość chlorków zawierała się w przedziale $5\text{--}22 \text{ mg Cl/l}$, siarczanów od 8 do $41 \text{ mg SO}_4/\text{l}$, azotynów mieściła się w przedziale $0,003\text{--}0,023 \text{ mg NO}_2/\text{l}$, a stężenia azotanów wynosiły około $0,44 \text{ mg NO}_3/\text{l}$. Wody te już w stanie naturalnym zawierały ponadnormatywne zawartości amoniaku $0,02\text{--}1,02 \text{ mg NH}_4/\text{l}$, żelaza $0,2\text{--}3,0 \text{ mg Fe/l}$ i manganu $0,1\text{--}0,4 \text{ mg Mn/l}$. Cechowały się wysoką i bardzo wysoką mętnością ($10\text{--}30 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$), a wytrącanie się znacznych ilości żelaza powodowało zabarwienie wód od 25 do 60 mg Pt/l .

Zmiana reżimu przepływu wód w dolinie Prosny wywołana eksploatacją ujęcia Lis wymusiła infiltrację wód z rzeki Prosny i aluwii holocenijskich, przyczyniając się do wzrostu stężeń niektórych parametrów w ujmowanych wodach.

Rozpoczęcie eksploatacji w 1976 r. spowodowało około dwu-, trzykrotny wzrost zawartości chlorków i siarczanów do wartości odpowiednio $30\text{--}40 \text{ mg Cl/l}$ i $40\text{--}110 \text{ mg SO}_4/\text{l}$ już w 1993 r. Wskaźniki te, mimo że podwyższone, mieściły się w granicach dopuszczalnych normą dla wód do picia.

Jeszcze wyższą tendencją do wzrostu (przy bardzo dużej amplitudzie wahań w danym punkcie) cechowały się stężenia związków żelaza i manganu (dochodząc do wartości wielokrotnie przekraczających normę) oraz związanej z nimi barwy i mętności. Zawartość w wodzie wymienionych składników wynosiła $0,3\text{--}13,6 \text{ mg Fe/l}$ i $0,2\text{--}5,0 \text{ mg Mn/l}$, natomiast barwa i mętność odpowiednio $20\text{--}50 \text{ mg Pt/l}$ oraz $10\text{--}25 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$. Stałą wartością odznaczał się odczyn pH mieszczący się w latach 1989–2010 w przedziale $7,2\text{--}7,5$, zasadowość oscylująca w granicach $2\text{--}4 \text{ mval/l}$ i utlenialność, której wahania wynosiły $2\text{--}5 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Zawartość azotanów i azoty-

nów, choć podwyższona w stosunku do stanu sprzed eksploatacji, z reguły nie przekraczała wartości normatywnych. Wyjątek stanowią wody I rejonu hydrogeochemicznego, znajdujące się pod wpływem bezpośredniego oddziaływania obszarów zurbanizowanych Kalisza oraz zanieczyszczonych wód Ołoboku, cechujące się stężeniami azotanów dochodzącymi w latach 2001–2005 nawet do 85 mg NO₃/l.

Dostępne badania archiwalne z okresu wierceń studni ukazują, że już w warunkach pierwotnych obserwowano strefowość składu chemicznego badanych wód, wywołaną obecnością materii organicznej i uwidaczniającą się w rozkładzie zawartości związków żelaza, manganu, amoniaku i siarczanów: najwyższe stężenia ww. parametrów występowały w południowej części ujęcia w rejonie Józefowa (studnie XLI, XLII i XLIII) oraz na wysokości Piwonice w studni IX. Na etapie dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia lokalnie w rejonie wsi Szałe napotkano wody o bardzo wysokiej zawartości związków żelaza (do 18 mg/l) i manganu (do 1,15 mg/l), w związku z czym ten fragment doliny wyłączono z eksploatacji. Generalnie zawartość żelaza w ujmowanych wodach wykazuje tendencję spadkową w kierunku północnym, osiągając najniższe wartości w rejonie studni I, II, XXVII–XXIX (Piwonice–Kolonja). Z badań wynika, że wzrostowi zawartości żelaza i związków azotowych w postaci amonowej towarzyszy wzrost kwasowości, a zachodzące procesy mają charakter redukcyjny, o czym świadczy wysoka zawartość żelaza dwuwartościowego.

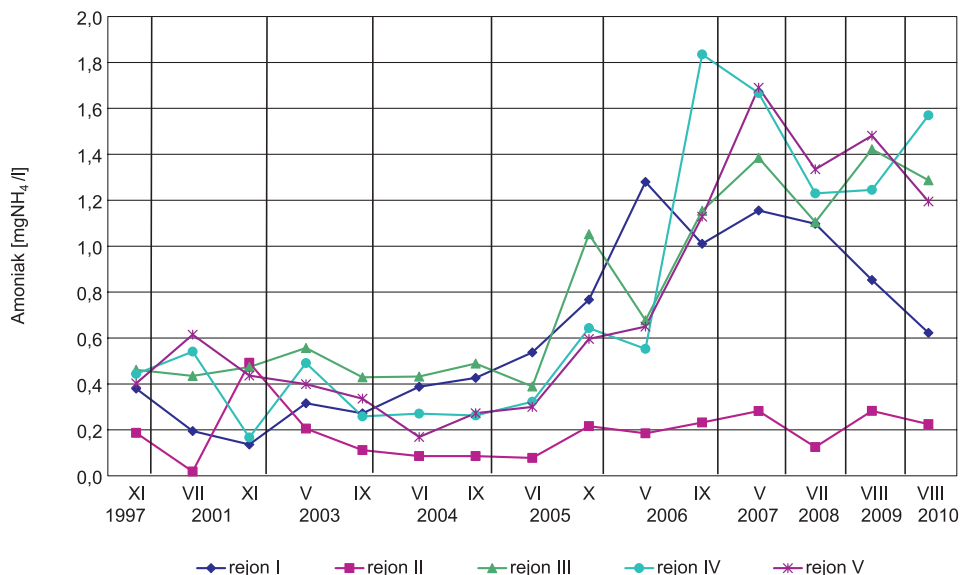
Na powyższą strefowość składu chemicznego wód podziemnych wynikającą z procesów hydrogeochemicznych zachodzących w warstwie wodonośnej nakłada się również zmienność wywołana dopływem zanieczyszczeń antropogenicznych z obszarów zurbanizowanych miasta Kalisza i zabudowy wiejskiej, zanieczyszczeń rolniczych spływających z przyległych wysoczyzn oraz zanieczyszczonych wód powierzchniowych, których udział w zasilaniu ujęcia o docelowej wydajności 1000 m³/h, według badań modelowych (Dąbrowski i in., 2008), oszacowano na 42,3% całkowitych zasobów ujęcia.

Przestrzenna zmienność rozkładu stężeń poszczególnych wskaźników jakości wód z lat 1971–1996 oraz 1997–2010 wzdłuż bariery umożliwiła wyodrębnienie 5 rejonów hydrogeochemicznych związanych ze środowiskiem ujmowanej warstwy wodonośnej i jej związkami z nadległym poziomem gruntowym noszącym ślady zanieczyszczenia wynikłego z obecności licznej materii organicznej (torfy) i sąsiedztwa terenów zurbanizowanych. Powyższa rejonizacja objęła otwory: rejon I–XXVb, XXVI, XXVIb i IXb; rejon II–I, IIb, XXVII, XXVIIIb, XXIX; rejon III–III, IVb, XXXb, XXXIb, XXXIVc, XXXIIa, XXXIII, XXIII, XXIVa, XXXVb, XXXVI, VIIb; rejon IV–XLb, XLI, XLIa, XLIIb, XLIII; rejon V–XLIV, XLVc, XLVIa, XLVII, XLVIIIa, XIXa, XLVI, Lb i Lb (rys. 6.3.27).

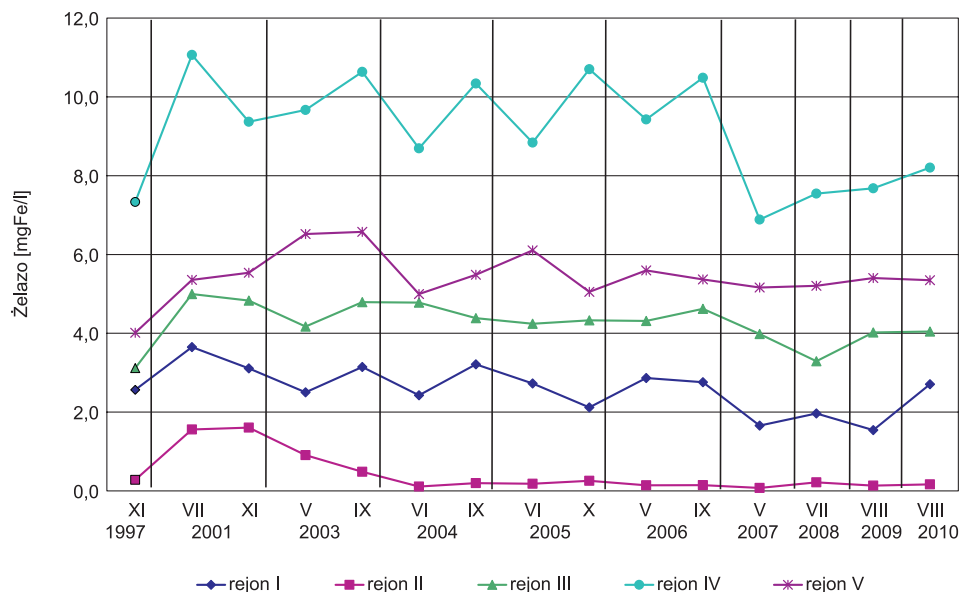
Sumarycznie zmiany stężeń wskaźników zanieczyszczenia geogenicznego wykazujących największe zróżnicowanie przestrzenne, tj. żelaza i amoniaku, zestawiono poniżej w postaci wykresów zmian zawartości tych parametrów w wydzielonych rejonach ujęcia (rys. 6.3.29, 6.3.30).

W tabeli 6.3.9 przedstawiono zestawienie wyników analiz jakości wód Proсны (WIOŚ, Poznań) na wysokości ujęcia Lis oraz jej lewostronnego dopływu – Ołoboku, o znacznym ładunku zanieczyszczeń, uchodzącego do Proсны powyżej omawianego ujęcia. Obserwowana w 2006 r. jakość wód powierzchniowych rzeki Proсны,

na wysokości dokumentowanego ujęcia (rejon Żydowa), poprawiła się w stosunku do jakości z lat 90. Zmniejszeniu uległy stężenia związków żelaza, twardość, wskaźnik zabarwienia, utlenialność oraz wartości ChZT i BZT₅.



Rys. 6.3.29. Wykres zawartości amoniaku w wodach poszczególnych rejonów ujęcia Kalisz-Lis w latach 1997-2010



Rys. 6.3.30. Wykres zawartości związków żelaza w wodach poszczególnych rejonów ujęcia Kalisz-Lis w latach 1997-2010

Tabela 6.3.9. Jakość wody Proсны i Ołoboku w 2006 r.

Wskaźnik	Proсна, 72,8 km (rejon Żydowa)			Ołobok, 1,5 km (ujście do Proсны 4 km powyżej Żydowa)		
	min.	maks.	średnia	min.	maks.	średnia
Barwa [mg Pt/l]	20	50	28	20	40	30
BZT ₅ [mg O ₂ /l]	0,54	8,14	3	0,87	26,6	7,4
ChZT-Mn [mg O ₂ /l]	3,64	11,2	7,28	5,74	12,2	8,64
ChZT-Cr [mg O ₂ /l]	14,6	38,9	23,9	18,5	46,7	33,2
Amoniak [mg NO ₄ /l]	0,05	1,896	0,557	0,05	22,962	5,642
Azotany [mg NO ₃ /l]	6,36	38,63	15,08	8,92	59,3	23,37
Azotyny [mg NO ₂ /l]	0,022	0,263	0,136	0,045	1,19	0,421
Zasadowość ogólna [mg CaCO ₃ /l]	74	139	123	126	320	312
Siarczany [mg SO ₄ /l]	52,9	73	63,5	72	164	112,5
Chlorki [mg Cl/l]	25,2	36,1	30,9	43,5	95,1	68,1
Mangan [mg Mn/l]	0,061	0,143	0,1	0,05	0,245	0,126
Żelazo [mg Fe/l]	0,122	0,377	0,215	0,1	0,143	0,113
Twardość [mval/l]	3,6	4,46	4,02	6,14	8,68	6,92

W związku z istniejącym zagospodarowaniem przestrzennym i jakością wód powierzchniowych, przeciwnie do stężeń parametrów wywołanych czynnikami geogenicznymi, najlepszą jakością w zakresie wskaźników zanieczyszczenia antropogenicznego cechują się najdalej na południe oddalone od miasta Kalisza fragmenty ujęcia (rejon IV i V), zaś najmniej korzystnymi parametrami obszary zlokalizowane w najbliższym sąsiedztwie zabudowy miejskiej Kalisza (wody rejonu I i II).

Charakterystyka hydrodynamiczna warunków eksploatacji ujęcia

Układ krążenia wód omawianego obszaru zdeterminowany jest istnieniem obniżenia dolinnego wykorzystywanego przez Prosnę i jej dopływy. Spływ wód podziemnych następuje zgodnie z kierunkiem przebiegu doliny, tj. z południa na północ i lokalnie w okresach drenażu rzeki ze wschodu i zachodu ku rzece Prośnie (rys. 6.3.31). Bieżąca eksploatacja ujęcia Lis w wielkości $Q = 306,0 \text{ m}^3/\text{h}$ zaburza ten układ, wywołując sztuczny drenaż, w obrębie którego dopływ wody do ujęcia odbywa się głównie ze wschodu oraz z kierunku zachodniego (rys. 6.3.31). Zwiększenie eksploatacji ujęcia do wielkości perspektywicznego zapotrzebowania na wodę $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ i uruchomienie studni w południowej części ujęcia spowoduje rozszerzenie obszaru zasilania ujęcia w kierunku południowym i zachodnim, doprowadzając do znacznego przekroczenia rzeki Proсны (rys. 6.3.31).

Według prognozy modelowej przeprowadzonej w 2008 r. przy sumarycznym wydatku ujęcia w wysokości $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ uzyskane depresje rejonowe w studniach bariery względem stanu z 2007 r. wyniosą 0,1–2,9 m.

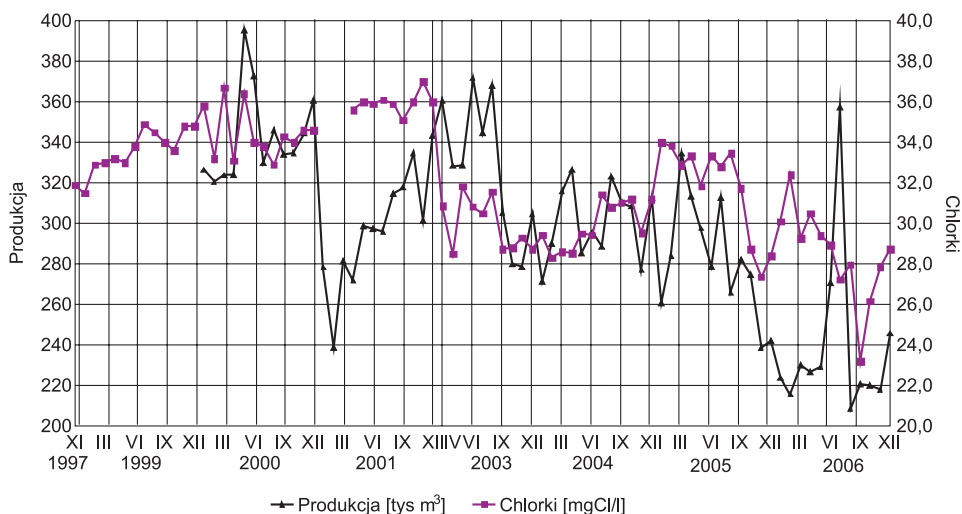
Z powodu ograniczonego dopływu bocznego zasoby naturalne w dolinie Proсны są niewielkie, a roczne wahania stanów wód podziemnych związane z nagłymi wezbrzeniami Proсны sięgają około 3 m. W warunkach eksploatacji ujęcia uzupełniające ilości zasobów osiąga się drogą wymuszonej infiltracji wód rzeki Proсны,

ska geochemicznego oraz zagospodarowania terenu badań występuje tu wyraźna zmienność w zakresie części parametrów fizyczno-chemicznych związana ze zmianą wydajności ujęcia oraz warunków hydrometeorologicznych.

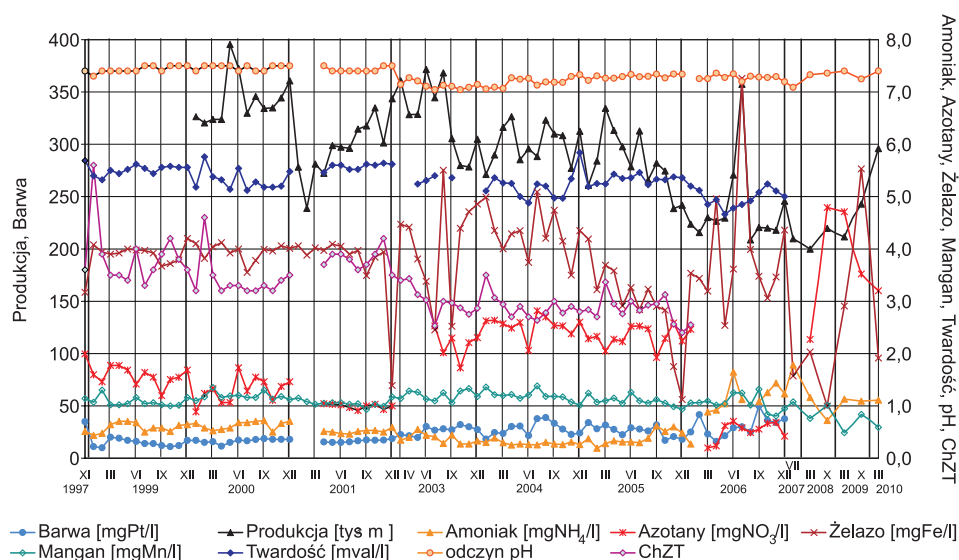
Obraz otrzymany w efekcie zestawienia wyników przeprowadzonych analiz na tle produkcji z lat 1997–2006 pokazuje silną korelację zawartości chlorków z wielkością eksploatacji ujęcia (wraz ze zmniejszaniem się wydajności maleją stężenia chlorków) (rys. 6.3.32). Rozkład wartości pozostałych parametrów stanowi wypadkową oddziaływania: eksploatacji, jakości wód powierzchniowych rzeki Proсны, zasilania opadami oraz procesów hydrogeochemicznych zachodzących w warstwie wodonośnej.

Do końca 2000 r. zarówno pobór wód podziemnych, jak i stężenia analizowanych parametrów cechowały się stabilizacją, przy niewielkiej amplitudzie wahań, natomiast po 2000 r. obserwowana jest utrzymująca się tendencja malejąca w zakresie stężeń chlorków, twardości oraz parametru ChZT, przy jednoczesnym zauważalnym generalnym trendzie spadkowym w zakresie wielkości eksploatacji. Wraz z obniżeniem pH ujmowanych wód obserwowanym w 2002 r. zauważalnie wzrosły stężenia żelaza, manganu i barwy (rys. 3.3.32, 6.3.33).

Największymi oscylacjami charakteryzują się stężenia związków żelaza, osiągające wartości od 1,12 mg Fe/l (grudzień 2005 r.) do 7,26 mg Fe/l (lipiec 2006 r.), przy średniej z wielolecia wynoszącej 3,79 mg Fe/l. Wystąpienie tak wysokich stężeń zawartości tego wskaźnika w wodach całego ujęcia związane jest z nagłym obniżeniem zwierciadła wody wywołanym gwałtowną zmianą eksploatacji oraz suchą porą roku. Wraz ze wzrostem zawartości żelaza w wodzie rosną również obserwowane stężenia związków manganu. Zjawisko to widoczne jest w okresie od października 2003 r. do września 2004 r. oraz od czerwca do sierpnia 2006 r.



Rys. 6.3.32. Wykres zawartości chlorków na ujęciu Kalisz–Lis w latach 1997–2006 na tle eksploatacji ujęcia



Rys. 6.3.33. Wykresy zmian wybranych parametrów jakościowych wody na ujęciu Kalisz–Lis

Dynamika przemian związków azotowych uzależniona jest zarówno od wielkości eksploatacji (wymuszony dopływ zanieczyszczeń antropogenicznych w postaci jonów NO_3), jak i przemian zachodzących w warstwie wodonośnej pod wpływem wahań zwierciadła wody oraz obecności materii organicznej.

Stężenia amoniaku do końca 2001 r. kształtowały się przeciętnie na poziomie 0,59 mg NH_4/l . Po cyklu lat mokrych obserwuje się w latach 2002–2005 spadek ich średnich wartości (do ok. 0,33 mg NH_4/l), zaś po cyklach suchych ich stężenia mogą dochodzić do 1,78 mg NH_4/l (sierpień 2007 r.) – wynosząc średnio 1,18 mg NH_4/l w latach 2006–2007. W poszczególnych latach najniższe wartości zazwyczaj występowały w lutym i październiku. Podobną tendencję wzrostu związków eutroficznych zanotowano w wodach powierzchniowych Prosny. Wody te od 2005 r. wykazywały zwiększone stężenia: amoniaku, utlenialności, wskaźnika BZT_5 oraz nieznaczny spadek pH.

Stężenia azotanów wykazują odwrotne tendencje niż stężenia amoniaku. Przy wzroście stężeń jonów amonowych obserwuje się spadek zawartości azotanów, związany również z przemiennością lat suchych i mokrych.

Analiza porównawcza prognoz zasobowych z wynikami eksploatacji ujęcia w zakresie ilościowym i jakościowym

Po zatwierdzeniu w 1978 r. zasobów eksploatacyjnych w obowiązującej do dzisiaj wielkości $Q = 1770 \text{ m}^3/\text{h}$, przy depresji rejonowej $s = 1,7\text{--}3,5 \text{ m}$, badania modelowe obejmujące swym zasięgiem obydwie zatwierdzone obszary zasobowe przeprowadzane były jeszcze dwukrotnie, tj. w 1996 i 2008 r., a wykonywano je dla potrzeb wyznaczenia i ustanowienia strefy ochrony pośredniej przedmiotowego ujęcia.

Wyniki prognozy modelowej sporządzonej w 1996 r. dla projektowanej strefy ochrony pośredniej ujęcia wykazywały, że przy pracy ujęcia z wydajnością 714 m³/h, równą zużyciu wody w 1996 r., zasilanie z cieków wyniosło 356 m³/h. Zwiększenie wydajności ujęcia do wielkości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych $Q = 1770 \text{ m}^3/\text{h}$ spowodowało zwiększenie depresji rejonowych względem stanu z 1996 r. dochodzących w linii bariery studziennej do 4 m i wykazało wzrost dopływu powierzchniowego do wartości 870 m³/h (ok. 50% zasobów eksploatacyjnych ujęcia), a więc wartość zbliżoną do wielkości uzyskanej w 1978 r.

Przeprowadzone w 2008 r. symulacje poboru wód podziemnych wykazały, że zasilanie ujęcia z wód powierzchniowych Proсны przy eksploatacji z 2007 r. ($Q = 306,0 \text{ m}^3/\text{h}$) wyniosło 49,6 m³/h, tj. 16,2% zasobów ujęcia i 1,3% przepływu gwarantowanego Proсны. Natomiast przy prognozowanym wydatku ujęcia $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$, dla optymalnego wariantu jego eksploatacji, zasilanie z cieków wyniesie 423,4 m³/h, co stanowić będzie 42,3% całkowitego wydatku ujęcia i 11,3% przepływu gwarantowanego Proсны, a prognozowane depresje rejonowe względem stanu z 2007 r. mieścić się będą w przedziale 0,1–2,9 m.

Uzyskane w trakcie badań modelowych z lat 1996 i 2008 wyniki pokazują, że przyjęte do zatwierdzenia w ostatecznej wersji (z lat 1972 i 1978) szacunki zasobów eksploatacyjnych wydają się wiarygodne i możliwe do uzyskania w istniejących warunkach hydrogeologicznych, choć zbyt wysokie w świetle rzeczywistych poborów obserwowanych w trakcie 35 lat eksploatacji ujęcia i aktualnych szacunków zapotrzebowania, które od czasu dokumentowania zasobów eksploatacyjnych zmalało w 2007 r. do poziomu $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$, tj. około 56% zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Analiza wieloletniej eksploatacji ujęcia wykazuje, że faktyczny średni pobór wody od początku lat 80. XX w. nigdy nie przekroczył 766 m³/h i był najwyższy na przełomie lat 80. i 90. XX w. Aktualnie średnie wykorzystanie ujmowanych wód, według danych z 2007 r., kształtuje się na poziomie 306 m³/h, tj. około 17% zasobów ujęcia.

W zakresie jakości wód podziemnych ujmowanych na ujęciu miejskim Lis wynika, że w wodach tych od początku 2000 r., tj. od czasu, w którym rozpoczął się proces sukcesywnego obniżania wydajności ujęcia, obserwuje się tendencje malejące dla chlorków, siarczanów i twardości. Pozostałe wskaźniki (azotany, amoniak, żelazo, mangan, barwa, ChZT) cechowały się okresowymi wahaniami, o zróżnicowanej dynamice, uniemożliwiającymi wyodrębnienie jednolitego trendu. Szczegółowe analizy wyników badań fizyczno-chemicznych ujmowanych wód z tego przedziału czasowego potwierdzają założenia z okresu dokumentowania zasobów, że jakość wód ulega zmianom pod wpływem wielkości eksploatacji.

Według przeprowadzonych w 2008 r. prognoz, wzrost wydajności ujęcia do wielkości najnowszych szacunków zapotrzebowania na wodę tj. $Q = 1000,0 \text{ m}^3/\text{h}$, spowoduje powiększenie regionalnego leja depresji oraz depresji studziennych, a także zwiększenie zasilania zarówno z poziomu gruntowego, jak i z wód powierzchniowych rzeki Proсны. Czynniki te mogą wywołać zmiany procesów hydrogeochemicznych, a w konsekwencji rozpuszczanie żelaza i manganu zgromadzonych w seriach mułków – co potwierdzają wyniki badań Instytutu Gospodarki Komunalnej w Poznaniu z okresu próbnego pompowania zespołowego (1971 r.) stwierdzające wzrost

zawartości związków Fe i Mn wraz ze wzrostem wydajności ujęcia. Zwiększenie wydajności spowoduje także wzrost dopływu do ujęcia zanieczyszczonych wód z obszarów osadnictwa oraz terenów objętych działalnością rolniczą. Powyższe różnokierunkowe procesy przyczynić się mogą do pogorszenia parametrów jakościowych wody w zakresie wzrostu zawartości związków żelaza i manganu, związków azotowych, a także chlorków i siarczanów i ogólnie mineralizacji.

Krytyczna ocena zastosowanych metod obliczeniowych i prognoz zasobowych

Dolina Proсны jako forma poligenetyczna charakteryzuje się dużą zmiennością litologiczną zarówno w zakresie frakcji występujących osadów, jak i ich miąższości i rozprzestrzenienia lateralnego. Wpływa to na znaczne zróżnicowanie parametrów hydrogeologicznych i wymaga wnikliwej analizy wyników obliczeń hydrogeologicznych. Pierwotne zbyt optymistyczne prognozy zasobowe w latach 60. XX w. wynikały z zastosowania nadmiernie uproszczonej metodyki wyznaczania zasobów, przy zbyt małej liczbie otworów rozpoznawczych, w świetle napotkanych skomplikowanych warunków hydrogeologicznych. Zastosowane we wczesnych etapach dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia badania filtracji nieustalonej podczas próbnych pompowań indywidualnych umożliwiały korelację uzyskanych wyników obliczeń parametrycznych z poszczególnymi facjami osadów wodonośnych, jednakże dopiero wywołanie współdziałania ujęć w trakcie próbnego pompowania zespołowego przyczyniło się do dokładniejszego rozpoznania warunków hydrogeologicznych (warunki przepływu w ośrodku wodonośnym), stanowiąc bardzo wiarygodny materiał wejściowy do wykonywanych w późniejszych etapach badań modelowych. Przeprowadzone badania modelowe (pierwotnie analogowe, następnie matematyczne) będące syntezą wiedzy zarówno hydrogeologicznej, jak i hydrologicznej, uzupełniane i poprawiane sukcesywnie w oparciu o najnowsze wyniki wierceń i badań hydrogeologicznych, umożliwiały coraz bardziej wszechstronną i kompleksową interpretację panujących warunków hydrogeologicznych i geologicznych (budowa i zasięg poszczególnych warstw wodonośnych oraz ich źródła zasilania), a także zrewidowały pogląd w ocenie zasobności tego wycinka rejonu hydrogeologicznego. W wyniku tych badań zarówno budowa geologiczna, jak i stosunki hydrogeologiczne okazały się bardziej skomplikowane niż pierwotnie przypuszczano, a omawiany obszar mniej zasobny w wody podziemne aniżeli na etapie założeń projektowych. W badaniach modelowych stwierdzono, że w bilansie zasobów eksploatacyjnych istotną część stanowią wody powierzchniowe Proсны, których ilość i procentowy udział zależny jest od wydajności ujęcia. Rzeka ta w okresach niżówkowych swoim gwarantowanym przepływem zapewnia zasoby i stanowi główne źródło zasilania ujęcia miejskiego Lis k. Kalisza.

Literatura

Dąbrowski S., 1991. Rozwój doliny Proсны w plejstocenie. [W:] Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych. Geografia, 50, 35–46. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.

- Dąbrowski S. i in., 1994. Bilans wodnospodarczy zlewni Prosnicy. Cz. II. Zasoby wód podziemnych i ich wykorzystanie. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S., Matusiak M., Olejnik Z., Dąbrowska M., Flieger M., Pawlak A., 2008. Dodatek do „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych w kat. „B” na ujęcie wody podziemnej z utworów czwartorzędowych – rejon Lis-Zadowice k. Kalisza” opracowanej w K.G. ZACHÓD we Wrocławiu w 1978 r., zawierający propozycję strefy ochronnej ujęcia komunalnego Lis w Kaliszu. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S., Rynarzewski W., Krzyżanowski M., Janiszewska B., Paździorna L., Pawlak A., 2002. Bilans wód podziemnych na terenie powiatu kaliskiego. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Karpa M., 1968. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych – Lis k. Kalisza. Kat. „B+C”. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne, Poznań.
- Karpa M., Przybyłek J., 1972. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych. Kat. „B” w rejonie m. Lis k. Kalisza. Kombinat Geologiczny „Zachód” we Wrocławiu ZPIDG, Poznań.
- Karpa M., Przybyłek J., 1978. Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. „B” na ujęcie wody podziemnej z utworów czwartorzędowych – rejon Lis-Zadowice k. Kalisza. Kombinat Geologiczny „Zachód” we Wrocławiu ZPIDG, Poznań.
- Matusiak M., Olejnik Z., Dąbrowska M., Flieger-Szymańska M., 2010. Badania modelowe dla potrzeb ustanowienia strefy ochronnej ujęcia Lis w dolinie Prosnicy. Materiały na XVIII Sympozjum Naukowo-Techniczne pt. „Dokumentowanie i eksploatacja małych i średnich ujęć wód podziemnych”. PZITS w Częstochowie, Częstochowa.
- Zborowska T., Zborowski K., Nowak R., 1996. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej, w kat. „B”, na ujęcie wody podziemnej z utworów czwartorzędowych (opracowania z roku 1972 i 1978). Przedsiębiorstwo Geologiczne „Proxima” S.A., Oddział Poznań
- Wyniki badań fizyczno-chemicznych wody ujęcia Kalisz-Lis w latach 1997–2010. PWiK Sp. z o.o., Kalisz.

6.4. Ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w paśmie przedsudeckim

6.4.1. Ujęcie Rakowice dla Bolesławca

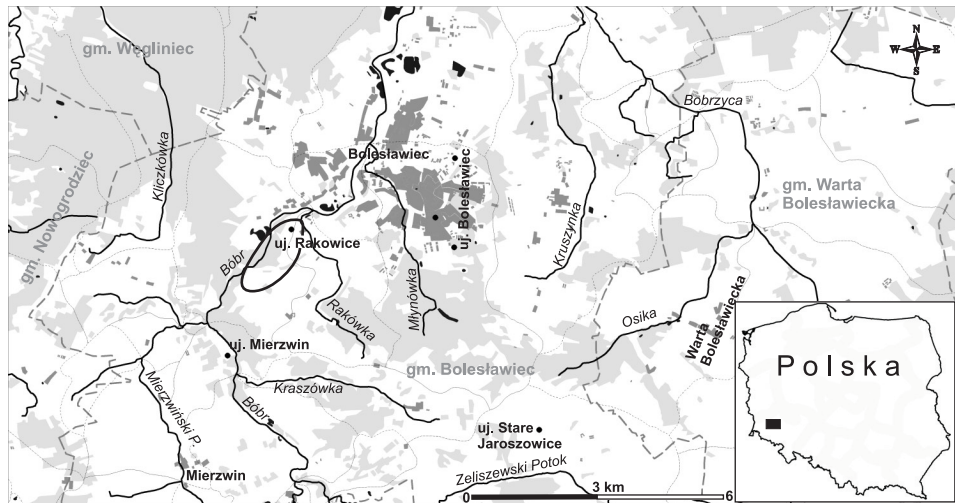
Józef Kryza

Wstęp

Ujęcie wód podziemnych Rakowice położone jest w SW Polsce w miejscowościach Rakowice i Bożejowice, około 3 km na SW od centrum Bolesławca (rys. 6.4.1), w gminie Bolesławiec, powiecie bolesławieckim i województwie dolnośląskim. Właścicielem ujęcia jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Bolesławcu Sp. z o.o. Średnia dobową produkcja wody w latach 2007–2010 wyniosła 6026 m³. Pobór minimalny wody w tym okresie równy był 3472, a maksymalny – 7118 m³/d. Woda z ujęcia przeznaczona jest do dostawy wody pitnej do miasta i gminy Bolesławiec oraz kilkunastu miejscowości w rejonie leja depresyjnego nieczynnej ko-

palni miedzi Konrad w Iwinach. Studnie wykonano w latach 1961–1987. Bariera 12 studni ujmuje aluwialną, czwartorzędową warstwę żwirów i piasków (rys. 6.4.3). Dokumentacje zasobów eksploatacyjnych pochodzą z lat 1961, 1974, 1983, 1988, 2000 i 2009. Eksploatację ujęcia rozpoczęto w 1961 r.

Zgodnie z podziałem Polski na jednostki fizycznogeograficzne ujęcie rakowickie zlokalizowane jest w makroregionie Niziny Śląsko-Łużyckiej (Kondracki, 2000). Zachodnia część obszaru należy do mikroregionu Równina Kraśnicka, w mezoregionie Bory Dolnośląskie. Jednostka ta obejmuje obniżenie dolinne rzeki Bóbr, które na tym odcinku zaznacza się wcięciem, szerokim korytem z wyraźnie zaznaczonymi, erozyjnie podciętymi, krawędziami otaczającej równiny. Obszar spływu wody do ujęcia leży w zlewniach Potoku Karśnickiego i Potoku Rakowickiego prawobrzeżnych dopływów Bobru. Teren ma charakter falistej równiny. Obszar Bolesławca znajduje się w hydrogeologicznym podregionie niecki północnosudeckiej, gdzie wody podziemne występują w szczelinowych utworach krystalicznych paleozoiku i prekambriu, osadach permu, triasu i górnej kredy oraz nieskonsolidowanych skałach trzeciorzędu i czwartorzędu. Są to poziomy pod ciśnieniem lub ze zwierciadłem swobodnym, o wydajności od kilku do 300 m³/h. W regionalizacji hydrogeologicznej Polski teren ujęcia znajduje się w prowincji górskiej w regionie sudeckim. W podziale na JCWPd położony jest w jednolitych częściach wód podziemnych nr 69, 90 i 91, w regionie sudeckim, subregionie bolesławskim (Paczyński, Sadurski, red., 2007).



Objaśnienia:

- | | |
|---------------------------|-------------|
| granica gminy | ujęcia |
| granica zlewni do V rzędu | lasy |
| główne cieki | zabudowania |
| strefa ujęcia | |

Rys. 6.4.1. Położenie ujęcia w układach administracyjnym, hydrograficznym i hydrostrukturalnym

Lokalizacja i informacje podstawowe

Ujęcie ma charakter infiltracyjnej bariery brzegowej rozmieszczonej wzdłuż koryta rzeki Bóbr na jej prawym brzegu w średniej odległości studni od brzegu 69,4 m. Długość bariery studni wynosi 600 m, z czego do tej pory podłączono 220 m. Rzędne terenu w sąsiedztwie studni wynoszą 177–179 m n.p.m. Wierzchowina położona jest od 30 do 70 m wyżej od doliny Bobru. Lewy brzeg rzeki ma w tym rejonie charakter wyraźnej krawędzi. Szerokość doliny wynosi 600 do 1100 m. Powierzchnia zlewni Bobru do przekroju w Bolesławcu ma około 1691 km². Przepływ średni rzeki wynosi 66 240 m³/h, minimalny średni miesięczny – 12 168 m³/h, a dyspozycyjny – 10 142 m³/h. Średnia szerokość koryta rzeki w rejonie bariery studni wynosi 18 m. Dno koryta budują osady żwirowo-kamieniste. W przekroju południowej części bariery studni w trakcie pompowań zwierciadło wody w rzece zalegało na rzędnych 174,0–173,7 m n.p.m., a rzędna dna koryta miała wartość 173,5 m n.p.m. Stwierdzone w trakcie pompowań charakterystyczne dobowe amplitudy poziomu wody (0,37 m) są związane ze zrzutami wody ze zbiornika w Pilchowicach (Kołodziej, Zoń, 1988). Obecnie ujęcie składa się 20 studni, w tym 12 czynnych.

Podstawowe problemy badawcze

Głównym problemem badawczym jest ocena wiarygodności metod zastosowanych do obliczenia zasobów eksploatacyjnych i prognoz eksploatacyjnych ujęcia w świetle potwierdzonego wieloletnią eksploatacją jego rzeczywistego oddziaływania na warunki wodne. Ocenie poddano także stałość własności fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wody. Studnie zasilane są wodami podziemnymi z obszaru spływu oraz infiltracją wód powierzchniowych z koryta rzeki Bóbr. Zasilanie ujęcia jest uzależnione od mocno zróżnicowanych w obszarze spływu sum rocznych opadów (411–875 mm) i bardzo zmiennych stanów wody w korycie Bobru. W obszarze zasilania nie ma poważnego zagrożenia dla ilości i jakości wód (presji antropogenicznej). W rejonie związanym z formowaniem dopływu do bariery studni ujęcia w Rakowicach istnieją głównie pola uprawne i nadrzeczne lasy. Ważnym elementem potencjalnego zagrożenia dla wód są wsie: Rakowice, Bożejowice oraz Otok i przepływające przez nie potoki. Wsie te są zwodociągowane i skanalizowane. O jakości wody surowej na ujęciu w Rakowicach decyduje także jej stan w korycie Bobru. Bóbr w rejonie Bolesławca prowadzi przez większą część roku wody II klasy ze względu na związki azotu. Inne składniki pozwalają zaliczyć jego wody do klasy I. Okresowo są one jednak zanieczyszczone bakteriologicznie, a obserwowane wartości skażenia bakteriologicznego charakterystyczne dla wód powierzchniowych IV i V klasy. Pozostałe parametry wody nie odbiegają od normatywów dla wód przeznaczonych do picia. Ujęcie nie współdziała z innymi ujęciami. Podczas 30-letniej eksploatacji nie zaobserwowano zasadniczych zmian czasowych jakości wody surowej. Pobór wody nie wywołuje w dolinie Bobru i jej otoczeniu zauważalnych negatywnych zmian poprzez oddziaływanie na ekosystemy zależne od wód podziemnych. Zasoby eksploatacyjne ujęcia zatwierdzono na podstawie wykonanej dokumentacji hydrogeologicznej zasobów eksploatacyjnych w kategorii B ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych doliny Bobru (z infiltracji) wraz z pro-

jektem badań na rozbudowę ujęcia Rakowice–Bożejowice (Daszkiewicz, 1983) – decyzja prezesa CUG z dnia 18 kwietnia 1984 r. nr KDH/013/4968/H/84. Zatwierdzone w 1984 r. zasoby wynosiły 543 m³/h przy depresji 1,9 m (studnie 1–10r). Po wykonaniu w październiku 1987 r. zespołowego próbnego pompowania zasoby te zostały zweryfikowane do wartości 1175 m³/h (28 200 m³/d), przy średniej depresji 1,3 m (Kołodziej, Zoń, 1988). W 1987 r. ustanowiono strefę ochronną ujęcia w Rakowicach (Duziak, Muszyński, 1987). W 2009 r. opracowano dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej (Aquator, 2009) i na podstawie numerycznej oceny strefy spływu wód podziemnych do ujęcia ustalono i zatwierdzono teren ochrony pośredniej. Na ujęciu nie prowadzi się monitoringu osłonowego wód ani specjalnych obserwacji jakości wody w przyległej do ujęcia części koryta Bobru. Projekt takiego monitoringu jest przygotowany do realizacji (Aquator, 2010).

Historia badań hydrogeologicznych

Ujęcie zbudowano na podstawie projektów geologicznych z 1961, 1974 i 1983 r. (Przed. Hydrogeol., 1961, 1974; Daszkiewicz, 1983). Prace zrealizowano w czterech etapach. Podczas badań wstępnych terenu opracowano projekt jego rozbudowy o studnie nr 9r i 10r. Na podstawie dokumentacji z 1974 r. zatwierdzono zasoby eksploatacyjne w wysokości 1400 m³/h przy depresji 2,1 m (decyzja prezesa CUG nr KDH/013/4000/75 z dn. 28 lipca 1975 r.). Na podstawie wykonanej dokumentacji ujęcia Rakowice–Bożejowice (Daszkiewicz, 1983) zatwierdzono zasoby eksploatacyjne ujęcia (decyzja prezesa CUG z dn. 18 kwietnia 1984 r. nr KDH/013/4968/H/84). Zatwierdzone w 1984 r. zasoby wynosiły 543 m³/h przy depresji 1,9 m (studnie 1–10r). W latach 1987–1988 na podstawie wymienionego wyżej projektu zakończono badania zasobów i budowę studni nr 11r–20r (Kołodziej, Zoń, 1988). Dla rozbudowanego ujęcia wodociągowego miasta Bolesławiec w Rakowicach zatwierdzono zasoby eksploatacyjne z utworów czwartorzędu w ilości 1175,0 m³/h przy średniej depresji 1,3 m, to jest do rzędnej 171,43 m n.p.m. (decyzja z dn. 9 lutego 1989 r. nr KDH/013/5393/89 wydana przez Min. Ochr. Środ. i Zas. Natur.). Pompowania otworów nr 11r–18r wykonano w okresie od lipca do września 1987 r. Od 7 do 17 października 1987 r. wykonano pomiarowe pompowanie zespołowe nowych studni przy jednoczesnej pracy czynnego ujęcia składającego się w tym czasie z otworów 1–6 (I–VI) oraz 9r i 10r, przy trzech ustalonych poziomach dynamicznych. Obserwacje oddziaływania prowadzono we wszystkich studniach i piezometrach oraz na latach wodowskazowych w korycie Bobru powyżej i poniżej ujęcia. W 2009 r. na podstawie badań modelowych obszaru ujęcia opracowano w dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej zasięg i zasady funkcjonowania terenu ochrony pośredniej. Eksploatacja 12 studni w Rakowicach trwa nieprzerwanie od 1989 r. W najbliższym czasie planuje się podłączenie do wodociągu także studni nr 11r–15r.

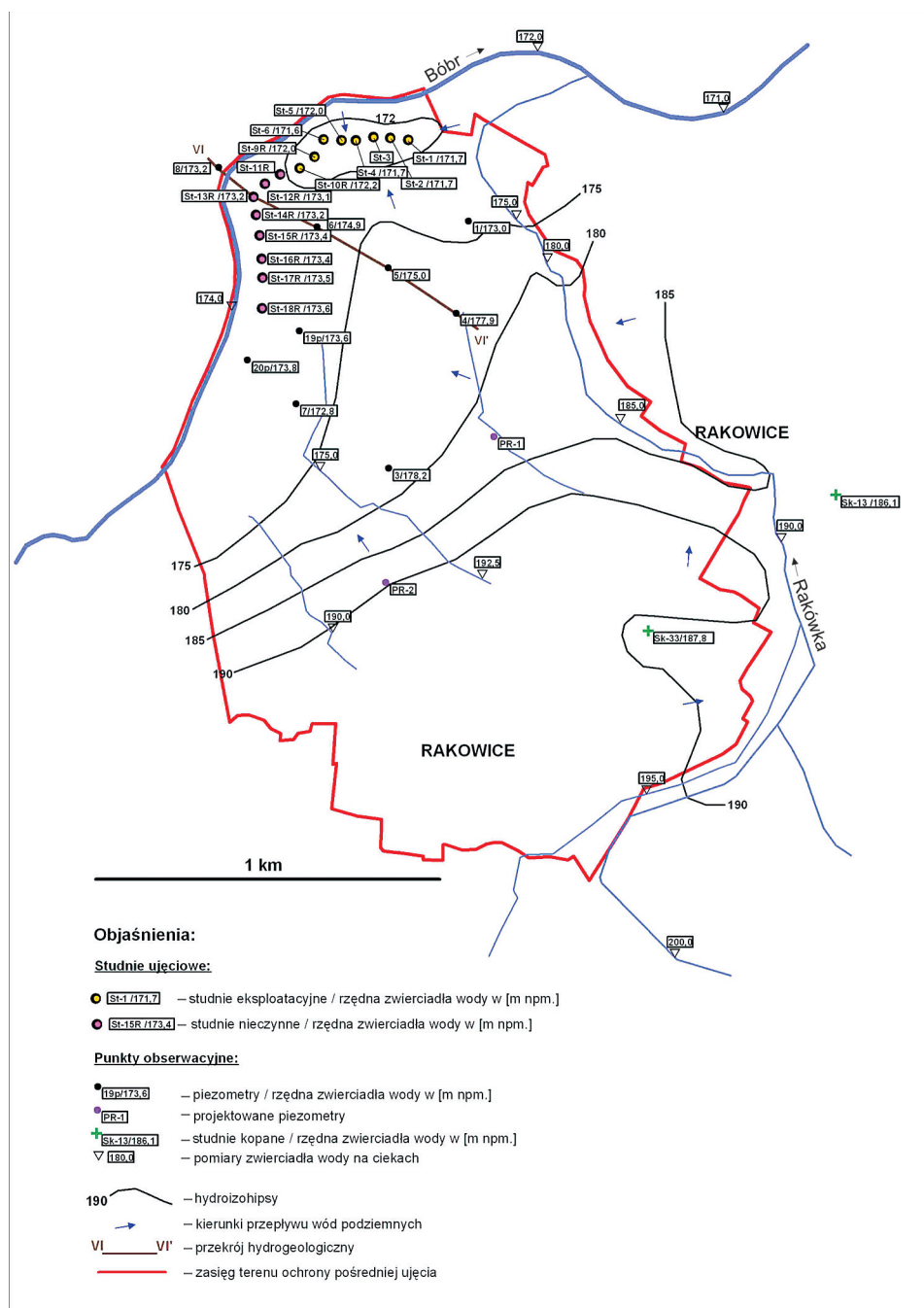
Warunki hydrogeologiczne

Rejon Bolesławca znajduje się w obrębie północnego skrzydła niecki północno-sudeckiej. W podłożu ujętej serii osadów czwartorzędowych zalegają staropaleozoiczne łupki oraz osady permo-mezozoiczne wypełniające nieckę. W bezpośrednim

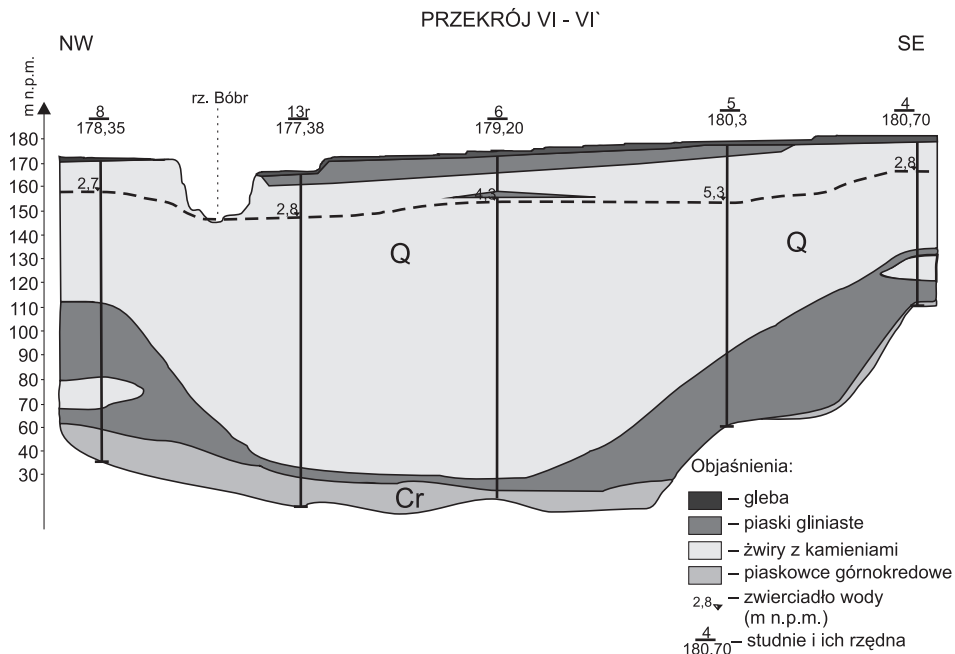
sąsiedztwie Rakowic w budowie geologicznej stwierdza się obecność utworów kredy górnej, trzeciorzędu i czwartorzędu. Zlepieńce oraz piaskowce z mułwami odsłaniają się w sąsiedztwie ujęcia, tworząc pagórkowate wychodnie. W Rakowicach, na głębokości od 6 do 25,5 m stwierdzono w podłożu piaskowce oraz mułki i ropy kredowe. Masyw górnokredowy przykryty jest lokalnie pokrywą ropy i pyłów trzeciorzędowych. Serię czwartorzędową w rejonie Rakowic budują żwiry z otoczkami, piaski i żwiry aluwialne, a na wierzchołkach piaski, żwiry i gliny fluwioglacjalne i glacialne. Miąższość czwartorzędu zmniejsza się w kierunku wschodnim (rys. 6.4.3), gdzie na głębokości 6 m pojawiają się utwory kredowe. Ze wzrostem odległości od rzeki, w stronę strefy zasilania ujęcia, zwiększa się udział serii gliniastej, zwłaszcza w spągu czwartorzędu. Na terenie ujęcia występują dwa zasadnicze poziomy wodonośne: czwartorzędowy i kredowy. W rejonie ujęcia w Rakowicach górny horyzont wód podziemnych stanowią osady aluwialne. Pod współczesną doliną Bobru znajduje się także dolina kopalna wypełniona żwirami z otoczkami oraz żwirami z wkładkami piasków. Osady aluwialne tworzą poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym leżącym przeważnie tuż pod powierzchnią terenu (2–6,6 m). W stropie serii aluwialnej występują słabo przepuszczalne mady i gliny. Pokrywa ta ma charakter nieciągły. W spągu doliny kopalnej zalegają gliny zwałowe, osady ilaste trzeciorzędu o miąższości do 3 m albo skały kredowe. Miąższość aluwialnego horyzontu wodonośnego eksploatowanego studniami ujęcia Rakowice wynosi od 12 (otwór 9r) do 35 m (otwór 18r). Ze studni uzyskiwane są wydajności od 46 do 148 m³/h przy depresjach 1–2 m. Na wysoczyźnie, w strefie zasilania ujęcia, wody górnego poziomu charakteryzują się bardzo różnicowanymi cechami. Poziom wodonośny występuje głównie w plejstocénskich osadach piaszczystych lub piaszczysto-żwirowych. Miąższość poziomu jest różnicowana, głównie w zależności od głębokości podesłania utworami o niskiej przepuszczalności. Czasem górny poziom ulega wyklinowaniu na utworach nieprzepuszczalnych. W takich rejonach brak jest górnego horyzontu i pierwszy poziom wód stanowią wody wgłębne zalegające w osadach górnej kredy. Niekiedy w przemysłach, stropowych partiach gruntów o niskiej przepuszczalności spotykane są nisko zasobne, często okresowe, poziomy wód zaskórnych. Na terenie ujęcia zasadniczą warstwę czwartorzędową tworzy seria żwirów z otoczkami i piaskiem różnoziarnistym. W stropowej partii lokalnie pojawiają się gliny o niewielkiej miąższości 0,3–2,3 m. Miąższość utworów czwartorzędowych w otworach badawczych i studniach w rejonie Rakowic waha się w granicach 25–32 m. W miarę oddalania się od rzeki, tj. w kierunku wschodnim, miąższość utworów czwartorzędowych maleje, co jest związane z wyklinowaniem się struktury dolinnej. Najmniejszą miąższość czwartorzędu stwierdzono po SE stronie ujęcia, gdzie na głębokości 6,6 m pojawia się piaskowiec górnokredowy.

Czwartorzędowy poziom wodonośny tworzą piaski różnoziarniste ze żwirem i otoczkami oraz żwiry, kamienie i otoczki zalegające na głębokości od 0,2 do 29,0 m, tj. na rzędnych od 180,3 do 147,35 m n.p.m. Miąższość osadów piaszczysto-żwirowych waha się od 2 do 28,5 m.

W stropie osadów piaszczysto-żwirowych zalegają gliny miąższości 0,3–2,3 m, a w spągu gliny zwałowe lub trzeciorzędowe ropy miąższości nie przekraczającej 3 m.



Rys. 6.4.2. Mapa aktualnego stanu hydrodynamicznego

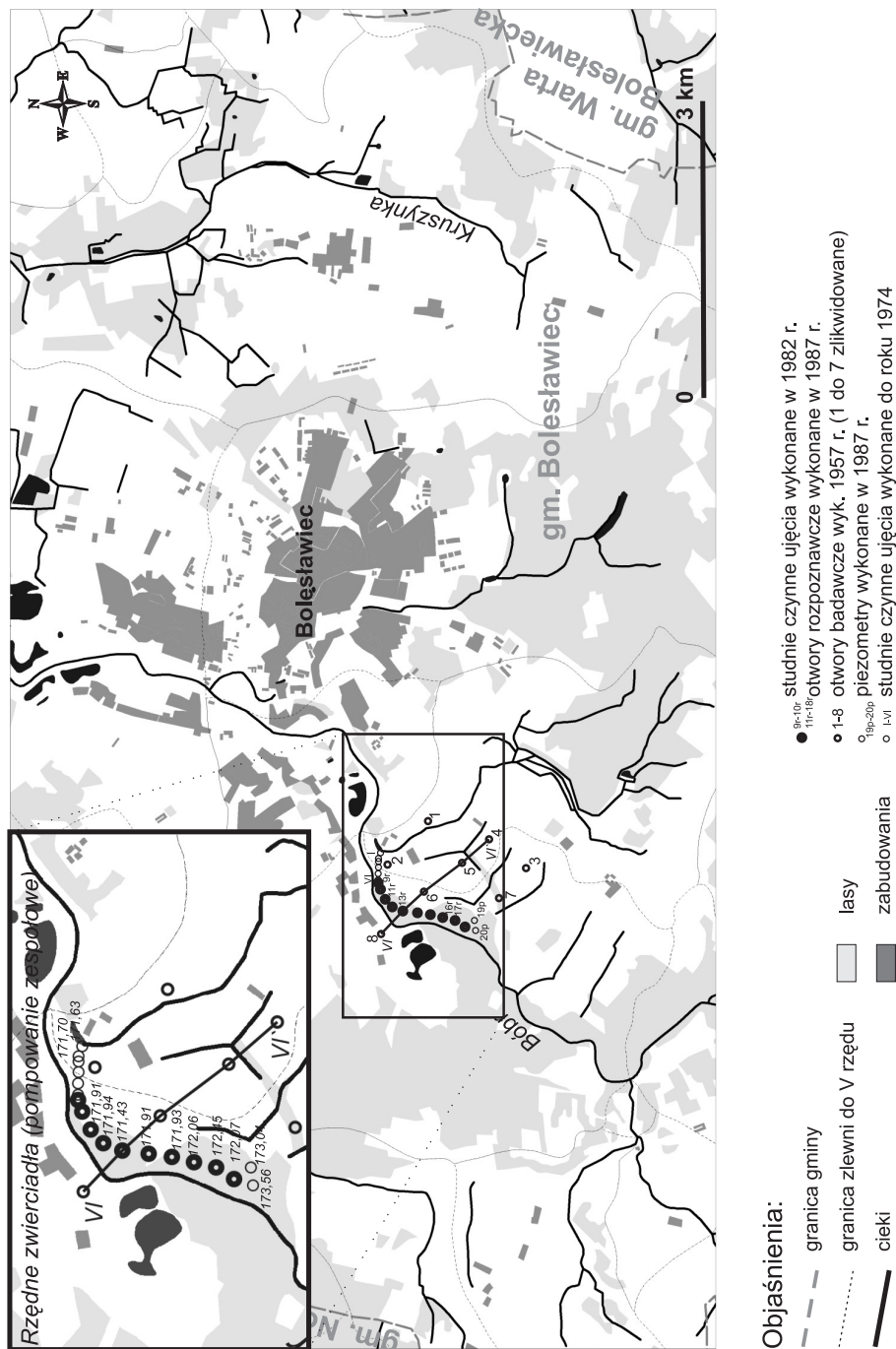


Rys. 6.4.3. Przekrój hydrogeologiczny przez ujęcie Rakowice

Przykrycie osadami nieprzepuszczalnymi ma charakter nieciągły. Zwierciadło wody o charakterze swobodnym nawiercono na głębokości 3,1–6,7 m poniżej powierzchni terenu, co odpowiada rzędnym 174,1–171,6 m n.p.m. Zwierciadło wody generalnie zapada w kierunku NE, natomiast w rejonie czynnych studni w kierunku SE lub S. Rzeka Bóbr na zachód i północny zachód od koryta drenuje warstwę wodonośną, od wschodu i południowego wschodu (na linii ujęcia wody) zasila warstwę wodonośną. Spąg warstwy wodonośnej zapada w kierunku na W i NNE zgodnie z kierunkiem spływu rzeki Bóbr. Spąg czwartorzędowej warstwy wodonośnej zalega ponad 200 m n.p.m. na południe od Bolesławca oraz około 150 m n.p.m. w dolinie Bobru na północ od Rakowic.

Współczynniki filtracji osadów wodonośnych w rejonie ujęcia określono w trakcie próbnych pompowań kilkoma metodami dla 8 otworów (11r–18r). Metodą Forchheimera uzyskano wartości od 105 do 341 m/d, metodą Jacoba od 144 do 330 m³/d oraz metodą Theisa-Hantuscha od 28 do 362 m/d. Średni współczynnik filtracji ujęcia przyjęty do obliczeń zasobowych wynosił 210 m/d. Wartości współczynników „k” ustalone dla wcześniej wykonanych studni nr 1 do 10 wynosiły od 48 do 122 m/d, a przewodność warstwy wodonośnej od 2900 do 6748 m²/d. Obliczone wartości maksymalnej dopuszczalnej przepustowości filtru studni mieściły się w przedziale od 100 do około 150 m³/h.

Kredowy poziom wodonośny tworzą piaskowce kwarcowe z wkładkami iłowców oraz zlepienie drobnoziarniste. Utwory te w stropowej partii zwietrzałe i spękanne mogą zawierać wody warstwowo-szczelinowe, a tam, gdzie bezpośrednio na utworach kredowych zalegają utwory piaszczysto-żwirowe czwartorzędu, poziom



Rys. 6.4.4. Elementy ujęcia Rakowice

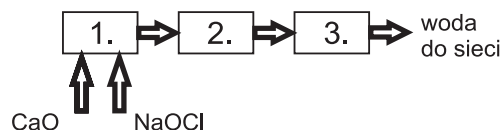
ten łączy się hydraulicznie z wyżej zalegającym czwartorzędowym poziomem wodonośnym.

Opis ujęcia

Ujęcie wodociągowe zlokalizowane jest po zachodniej stronie wsi Rakowice, w odległości 3 km na SWW od centrum Bolesławca na prawym, wschodnim brzegu Bobru, w zakolu tej rzeki. Ujęcie ma charakter infiltracyjny-brzegowy. Odległość bariery studni od koryta rzeki Bóbr wynosi 50–100 m, średnio około 69,4 m (rys. 6.4.2, 6.4.4). Zasilanie warstwy wodonośnej pochodzi zarówno z infiltracji opadów atmosferycznych, jak i w dużej części z infiltracji wód powierzchniowych rzeki Bóbr. W dokumentacji z 1988 r. (Kołodziej, Zoń, 1988) wielkość zasilania wodami powierzchniowymi oceniono na około 90%. Nie można również wykluczyć obecności zasilania z niżej położonego kredowego poziomu wodonośnego, szczególnie tam, gdzie wodonośne żwiry czwartorzędowe zalegają bezpośrednio na utworach kredy. Ujęcie jest eksploatowane od 1962 r., kiedy to zostały odwiercone 4 studnie, zasilane przez podziemne wody infiltrujące z koryta rzeki Bóbr. W pierwszych latach eksploatacji istniejące studnie znacznie obniżyły swoją wydajność i konieczne było odwiercenie nowych studni w obrębie ujęcia. W rejonie ujęcia odwiercono w roku 1987 dwa otwory piezometryczne nr 19p i 20p. W skład ujęcia wchodzi obecnie 20 studni o numerach: 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4, 4A, 5, 6, 9r, 10r, 11r, 12r, 13r, 14r, 15r, 16r, 17r, 18r (tab. 6.4.1, 6.4.2). Aktualnie czynnych jest 12 studni: numer 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4, 4A, 5, 6, 9r, 10r (rys. 6.4.4). Studnie 1–4 oraz 1A–4A współpracują ze sobą poprzez połączenie lewarowe. Studnie o numerach od 11r do 18r od czasu odwiercenia, tj. od roku 1987, nie były włączane do eksploatacji. W najbliższym czasie planuje się pobór wody ze studni o numerach 11r–15r. Aktualnie wszystkie czynne studnie ujęcia w Rakowicach oraz urządzenia do poboru i uzdatniania wody zlokalizowane są w obrębie ogrodzonych terenów ujęcia wodociągowego będących jednocześnie terenami ochrony bezpośredniej. Studnie o numerach 1, 1A, 2, 2A, 3, 3A, 4 i 4A mają ogrodzenie wspólne. Natomiast każda z pozostałych studni czynnych (studnie nr 5 i 6 oraz 9r i 10r) ma odrębne ogrodzenie o wymiarach 20 × 20 m. Studnie ujęcia w Rakowicach, o głębokości od 28,0 do 32,0 m, zafiltrowane są w czwartorzędowej warstwie żwirów z otoczkami w przelocie 12,5–27,0 m. Zwierciadło wody ma charakter swobodny, a ujęcie – infiltracyjny-brzegowy. Wydajność eksploatacyjna pełnej bariery ujęcia o długości 843 m (studnie nr 1–18r) wynosi 1175 m³/h, przy średniej depresji 1,3 m. Studnia nr 1 – dane ogólne (Bank Hydro, Aquator, 2009): rok budowy – 1962; głębokość – 30 m; wydajność udokumentowana na poziomie $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $S = 1 \text{ m}$; zafiltrowanie – filtr OC żwirowo-azbestowo-cementowy o $\varnothing 200\text{--}290 \text{ mm}$; część czynna filtra – umiejscowiona w przelocie 26,5–28,5 m; zwierciadło wody nawiercone i ustalone – 5 m. Pozostałe studnie wykonane przed rokiem 1983 mają podobne charakterystyki techniczne (tab. 6.4.1). Studnie nowsze o numerach 9r–18r mają część roboczą filtra typu mostkowego o średnicy 325 mm. Woda ze studni doprowadzana jest do budynku stacji uzdatniania, gdzie poddawana jest procesom korekty składu oraz odżelazianiu.

Stacja Uzdatniania Wody znajduje się w sąsiedztwie studni nr 1 (rys. 6.4.2). Proces uzdatniania wody surowej przebiega następująco: wapnowanie w studni

zbiorczej, filtrowanie i napowietrzanie. Na terenie obiektu zlokalizowano także zbiornik popłuczyn służący do podczyszczania ścieków pochodzących z płukania filtrów. Schemat przedstawiający technologię uzdatniania wody pokazano na rysunku 6.4.5.



Rys. 6.4.5. Schemat technologiczny ujęcia wody Rakowice

Na omawianym ujęciu nie prowadzi się specjalnego monitoringu poza pomiarami zwierciadła wody w studniach i poborem prób wody z większości studni do sanitarnych analiz chemicznych. Monitoring osłonowy ujęcia z kontrolą stanów zwierciadła wody i jej jakości będzie

uruchomiony w 2011 r. (Aquator, 2009). Planuje się uruchomienie następujących punktów w ramach monitoringu osłonowego ujęcia Rakowice: czynne studnie nr SR 1 i SR 10R, nieczynna studnia nr SR 18R, studnia zbiorcza, nowe piezometry nr PR 1 i PR 2 oraz studnie kopane: SK 1 (wieś Otok 28), SK 2 (wieś Rakowice 33), SK 3 (wieś Bożejowice 13), SK 4 (wieś Bolesławice, Bema 4) oraz SK 5 (wieś Bożejowice 35).

Tabela 6.4.1. Zestawienie istniejących studni ujęcia w Rakowicach

Lp.	Nr studni	Rok budowy studni	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Głębokość studni [m p.p.t.]	Filtr od – do [m]	Głębokość nawierconego zw. wody [m p.p.t.]	Rzędna nawierconego zw. wody [m n.p.m.]	Aktualny status studni
1	1	1962	177,8	30,0	15,0–26,5	5,0	172,8	czynna
2	1A	1973	178,0	30,0	14,5–25,5	5,7	172,3	czynna
3	2	1962	177,9	30,0	14,5–25,0	5,0	172,9	czynna
4	2A	1973	177,9	30,0	15,0–26,0	5,7	172,2	czynna
5	3	1962	178,2	29,0	14,5–26,0	5,4	172,8	czynna
6	3A	1975	178,3	30,0	18,0–27,0	6,7	171,6	czynna
7	4	1962	178,2	30,0	14,5–26,0	5,0	173,2	czynna
8	4A	1975	178,4	30,0	18,0–27,0	6,6	171,8	czynna
9	5	1970	177,0	30,0	13,5–25,5	4,8	172,2	czynna
10	6	1970	177,3	30,0	14,6–26,6	5,0	172,3	czynna
11	9R	1983	177,5	32,0	13,0–27,0	5,5	172,0	czynna
12	10R	1983	177,9	29,0	15,6–26,0	5,5	172,4	czynna
13	11R	1987	178,0	30,0	15,0–27,0	5,3	172,7	nieczynna
14	12R	1987	178,2	29,0	14,0–26,0	5,0	173,2	nieczynna
15	13R	1987	177,6	28,0	13,0–25,0	3,8	173,8	nieczynna
16	14R	1987	177,0	29,0	13,0–25,0	3,1	173,9	nieczynna
17	15R	1987	177,6	28,0	13,0–25,0	3,5	174,1	nieczynna
18	16R	1987	178,2	29,0	13,5–25,5	4,6	173,6	nieczynna
19	17R	1987	176,9	28,0	12,5–24,5	3,3	173,6	nieczynna
20	18R	1987	178,7	28,0	13,0–25,0	5,0	173,7	nieczynna

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Główne źródło zasilania strefy wodonośnej, w której zlokalizowane jest ujęcie Rakowice, stanowią opady atmosferyczne. Średnio w ciągu roku na obszar zasilania wodociągu spada od 411 do 875 mm opadów. Oszacowany metodami empirycznymi wskaźnik ewapotranspiracji wynosi dla tego obszaru około 400 mm/r. Wielkość zasilania (infiltracji) w tej części Bolesławca ocenić można na około 100–350 mm/r. Po przeprowadzeniu symulacji modelowych uzyskano zasięg obszaru 25-letniego spływu wód do ujęcia w Rakowicach w okresie trwania założonej eksploatacji. Napływ podstawowej ilości wód do ujęcia w Rakowicach odbywa się z kierunku SE (rys. 6.4.2). Szerokość strefy zasilania wynosi w NW części obszaru spływu około 850 m, a w SE około 1600 m. Odległość izochrony 25 lat od studni ujęcia wynosi do 2200 m. Prędkość przepływu wód w zbiorniku zasilającym można ocenić na 88 m/r. Ustalone w 1989 r. zasoby eksploatacyjne ujęcia z utworów czwartorzędu w ilości 1175,0 m³/h przy średniej depresji 1,3 m wyznaczone zostały w oparciu o wyniki próbnego pompowania nieczynnych w tym czasie 8 studni z jednoczesnym poborem wody z 12 czynnych studni, zaś wydane w 1998 r. przez wojewodę

Tabela 6.4.2. Parametry geologiczno-techniczne studni ujęcia komunalnego w Rakowicach na etapie ich próbných pompowań indywidualnych (Daszkiewicz, 1983; Kołodziej, Zoń, 1988)

Lp.	Nr studni	Głębokość studni [m]	Stratygrafia ujętego poziomu wodonośnego	Głębokość filtra [m]	Rzędna ustalonego zw. wody [m n.p.m.]	Wydajność [m ³ /h]	Depresja [m]	Wydatek jednostkowy [m ³ /h/m]
1	1	30,0	Czwartorzęd	15,0–26,5	172,8	99,0	2,4	41,25
2	1A	30,0	Czwartorzęd	14,5–25,5	172,3	121,4	2,1	57,81
3	2	30,0	Czwartorzęd	14,5–25,0	172,9	176,5	3,0	58,83
4	2A	30,0	Czwartorzęd	15,0–26,0	172,2	130,1	2,9	44,86
5	3	29,0	Czwartorzęd	14,5–26,0	172,8	96,0	2,7	35,56
6	3A	30,0	Czwartorzęd	18,0–27,0	171,6	127,1	2,7	47,07
7	4	30,0	Czwartorzęd	14,5–26,0	173,2	126,8	3,5	36,23
8	4A	30,0	Czwartorzęd	18,0–27,0	171,8	126,8	3,5	36,23
9	5	30,0	Czwartorzęd	13,5–25,5	172,2	130,7	1,9	68,79
10	6	30,0	Czwartorzęd	14,6–26,6	172,3	119,8	1,8	66,56
11	9r	32,0	Czwartorzęd	13,0–27,0	172,0	131,4	1,5	77,29
12	10r	29,0	Czwartorzęd	15,6–26,0	172,4	130,0	1,3	100,0
13	11r	30,0	Czwartorzęd	15,0–27,0	172,80	140,38	0,53	264,9
14	12r	29,0	Czwartorzęd	14,0–26,0	173,2	146,21	0,58	252,1
15	13r	28,0	Czwartorzęd	13,0–25,0	173,04	145,43	1,72	84,6
16	14r	29,0	Czwartorzęd	13,0–25,0	173,44	142,94	1,13	126,5
17	15r	28,0	Czwartorzęd	13,0–25,0	173,69	144,58	1,26	114,7
18	16r	29,0	Czwartorzęd	13,5–25,5	173,42	142,94	1,00	142,9
19	17r	28,0	Czwartorzęd	12,5–24,5	173,64	142,94	1,09	131,1
20	18rR	28,0	Czwartorzęd	13,0–25,0	173,60	139,91	1,61	86,9

jeleniogórskiego pozwolenie wodnoprawne na pobór wody ze studni nr 1 i 1A, 2 i 2A, 3 i 3A, 4 i 4A, 5, 6, 9r i 10r ujęcia w Rakowicach ogranicza tę wydajność do $Q_{\text{max dob}} = 8000 \text{ m}^3/\text{d}$ ($Q_{\text{max godz.}} = 543 \text{ m}^3/\text{h}$).

Charakterystyka poboru wody i jej jakości

Pobór wody ze studni ujęcia w Rakowicach zmieniał się w latach 1962–2011 w zależności od zapotrzebowania na wodę i ilości czynnych studni. Od 1988 r., gdy uruchomiono studnie eksploatowane do dnia dzisiejszego, miesięczna produkcja wody na ujęciu w Rakowicach utrzymywała się na wyrównanym poziomie. Jej wahania miesięczne uzależnione były od bieżącego zapotrzebowania odbiorców na wodę. Ilustrując produkcję wody w latach 2007–2010 tabela 6.4.4 wskazuje, że minimalny pobór równy był $104\,170 \text{ m}^3/\text{m-c}$, czyli $3472 \text{ m}^3/\text{d}$, średni z tego okresu – $186\,816 \text{ m}^3/\text{m-c}$ ($6026 \text{ m}^3/\text{d}$) oraz maksymalny – $220\,680 \text{ m}^3/\text{m-c}$ ($7118 \text{ m}^3/\text{d}$). Wyższe wartości poboru typowe są dla miesięcy zimowych (rys. 6.4.6). W 2009 r. podjęto próbę ustalenia wydajności i depresji w poszczególnych studniach (Aquator, 2009). Wydajności te oraz wydatek właściwy są wyraźnie zróżnicowane i niezależne od ich wydajności eksploatacyjnych z okresu budowy (tab. 6.4.2).

Właściciel i użytkownik ujęcia, Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Bolesławcu Spółka z o.o., na podstawie prognoz rozwoju gospodarczego i zmian demograficznych ustalił perspektywiczne zapotrzebowanie na wodę na najbliższe lata na poziomie $3\,092\,783 \text{ m}^3/\text{r}$ (to jest średnio ok. $8473 \text{ m}^3/\text{d}$) – patrz tabela 6.4.3.

Tabela 6.4.3. Produkcja wody na ujęciu w Rakowicach w latach 2007–2010 [m^3]

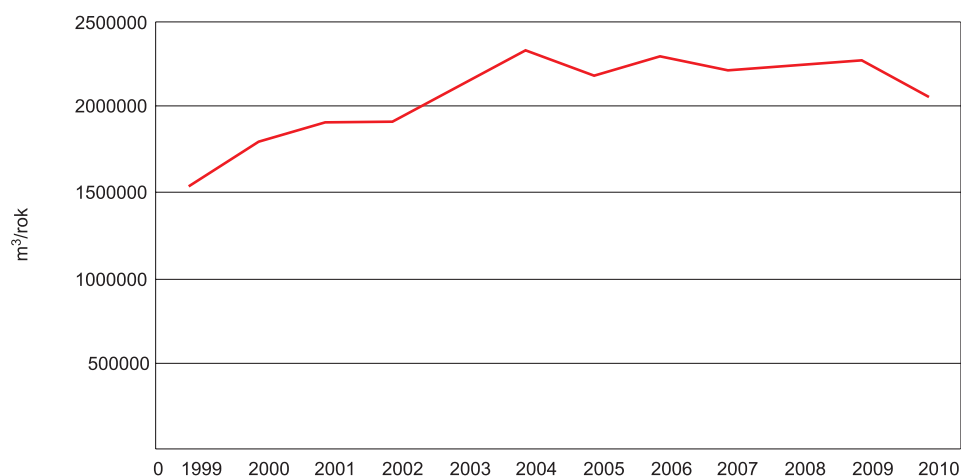
Miesiąc	Produkcja 2007 r. [$\text{m}^3/\text{miesiąc}$]	Produkcja 2008 r. [$\text{m}^3/\text{miesiąc}$]	Produkcja 2009 r. [$\text{m}^3/\text{miesiąc}$]	Produkcja 2010 r. [$\text{m}^3/\text{miesiąc}$]
Styczeń	175 330	179 660	220 680	200 290
Luty	170 440	180 050	190 310	204 910
Marzec	190 210	187 780	186 650	188 930
Kwiecień	188 020	185 550	184 470	171 200
Maj	191 680	186 870	205 330	178 200
Czerwiec	195 240	190 870	198 070	194 235
Lipiec	189 200	185 920	202 500	202 860
Sierpień	188 190	189 340	199 370	186 651
Wrzesień	184 400	180 270	201 390	191 550
Październik	185 670	194 950	199 640	193 440
Listopad	173 570	191 910	104 170	–
Grudzień	183 000	200 760	176 240	–
Razem	2 212 650	2 253 930	2 258 820	–
Średnia	184 378	187 827	188 253	–

Tabela 6.4.4. Wydajności studni ujęcia komunalnego w Rakowicach ustalone w 2009 r. (Kryza i in., 2009)

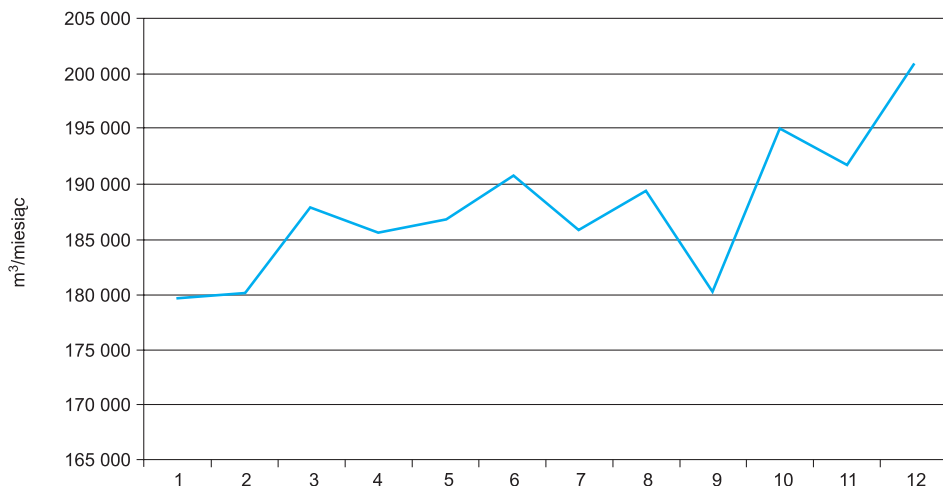
Nr studni	Status studni	Wydajność eksploatacyjna [m ³ /h]	Depresja [m]	Depresja do rzędnej [m n.p.m.]	Wydatek właściwy [m ³ /h/m]
nr 1	eksploatacyjna	60	1	176,8	60
nr 1a	eksploatacyjna	116	2,04	175,96	56,9
nr 2	eksploatacyjna	60	1	176,9	60
nr 2a	eksploatacyjna	130	2,88	175,02	45,1
nr 3	eksploatacyjna	60	1	177,2	60
nr 3a	eksploatacyjna	127,1	2,75	175,55	46,2
nr 4	eksploatacyjna	60	1	177,2	60
nr 4a	eksploatacyjna	126,8	3,57	174,83	35,5
nr 5	eksploatacyjna	130	1,9	175,1	68,4
nr 6	eksploatacyjna	120	1,8	175,5	66,7
nr 9r	eksploatacyjna	108,5	1,5	176,0	72,3
nr 10r	eksploatacyjna	11,5	1,3	176,6	8,9
Razem		1109,9			

Oddziaływania ujęcia na otoczenie

Zasięg i kierunki oddziaływania ujęcia na otoczenie wynikają z charakterystyki hydrodynamicznej warunków eksploatacji ujęcia: zasięgu i kierunków przepływu wód, rozkładu depresji w studniach, depresji rejonowej oraz kształtu i zasięgu leja depresji. Załączona mapa hydroizohips prezentuje wpływ stanu maksymalnego poboru odtworzonego jako efekt pomiaru rezultatów zespołowego próbnego pompowania i odwzorowanego na modelu numerycznym ujęcia (rys. 6.4.2).



Rys. 6.4.6. Produkcja wody na ujęciu w Rakowicach w latach 1999–2010



Rys. 6.4.7. Pobór wody z ujęcia w Rakowicach dla charakterystycznego roku 2007

Określenie zmian jakości wód w trakcie eksploatacji

W trakcie eksploatacji ujęcia obserwowano przez około 30 lat w studniach oraz w SUW jakość eksploatowanych wód (zgromadzono ponad 1000 sanitarnych analiz wody). Brak jest większej ilości analiz pełnych umożliwiających kompleksową ocenę. Zaobserwowane zmiany nie mogą być przedmiotem analizy uzależnienia tych zmian od szeregu czynników kształtujących ich zakres i kierunek w układzie czasowo-przestrzennym z powodu braku charakterystyk składu chemicznego wód z koryta Bobru zasilających ujęcie. Dla oceny zmian jakości wody w trakcie eksploatacji ujęcia porównano wyniki analiz chemicznych wody z okresu budowy ujęcia wody (lata 1962 i 1987) z wynikami z lat 2008–2009. Zakres zmienności wskaźników jakości wody w studniach ujęcia zestawiono w tabeli 6.4.5. Niezbyt jasna jest często pojawiająca się wysoka wartość mętności wody. Woda charakteryzowała się słabo kwaśnym odczynem pH w granicach 6,0–6,8 i ten parametr wykazuje znaczną niestabilność i tendencję wzrostu. Mineralizacja ogólna wody rozpoznana w zakresie wartości od 100 do 230 mg/l wykazuje cechy stabilności, choć ostatnio nie jest analizowana. Siarczany występowały w stężeniach 24–77 mg/l i raczej wykazują brak istotnych zmian. Chlorki z poziomu do 24 mg/l obniżyły swą zawartość do blisko 16 mg/l. Azotany stwierdzane były w wodach stale w niskich stężeniach, nie przekraczających 13,3 mg/l i obecnie jest ich nieznacznie więcej. Amoniak i azotyny wyraźnie obniżyły swą koncentrację. Odnotowano natomiast w okresie budowy kilku studni (nr 6, 9, 10r i 17r) przejawy wysokich, ponadnormatywnych stężeń azotynów, w granicach 2,6–9,8 mg/l. W większości studni stężenia żelaza przekraczały normy dla wód pitnych. Najwyższe stężenia żelaza (5–10,2 mg/l) stwierdzono w studniach nr 1, 2, 3, 4, 18r. Obecnie ich zawartość znacznie spadła, a woda uzdatniona nie wykazuje ich niezgodnej z normami koncentracji. Poza podwyższonymi stężeniami azotynów (maks. 9,8 mg/l w studni nr 6 w 1970 r. i w studni nr 9r w 1983 r.) oraz żelaza ogólnego (maks. do 10,2 mg/l w 1987 r. w nieczynej

Tabela 6.4.5. Wskaźniki zmian jakości wody na ujęciu w Rakowicach

Wskaźnik jakości wody	Studnie ujęcia w latach 1962–1975	Studnie ujęcia w latach 1983–1988	Studnie ujęcia w latach 2008–2009	Zmiany wskaźnika
pH	6–6,8	5,6–6,8	7,3–8,3	wzrost
Barwa mgPt/l	0–10	0–20	0–5	poprawa
Mętność NTU	0	0	4,74	wzrost
Sucha pozostałość [mg/l]	100–230	112–220	–	–
Przew. elektr. uS/cm	–	–	282–312	–
Siarczany [mg/l]	24–77	20,0–69,0	24–48	stabilne
Chlorki [mg/l]	10,30–24,14	6–19,5	15,7	stabilne
Azotany [mg/l]	0,004–13,3	0,004–13,29	16–17,2	wzrost
Azotyny [mg/l]	0,013–0,111	0,00–13,29	<0,007	poprawa
Amoniak [mg/l]	0,000–0,354	0,00–1,77	0,00–0,047	poprawa
Wapń [mg/l]	22–35	27,8–42	–	stabilne
Magnez [mg/l]	4,8–7,2	4,3–18	–	stabilne
Żelazo ogólne [mg/l]	0,02–8,0	0,000–10,2	0,045–0,51	poprawa
Mangan [mg/l]	0,000–0,25	0,00–0,28	0,034	poprawa

studni nr 18r), a także manganu w części studni na ujęciu infiltracyjnym w Rakowicach nie stwierdzono przekroczeń innych wskaźników w stosunku do obowiązujących norm dla wód do spożycia.

Wyniki badań dla próbki zbiorczej pobranej ze studni na SUW w marcu 2009 r. (tab. 6.4.5) wskazują na wyższe w stosunku do lat wcześniejszych (1962–1987) koncentracje w wodzie azotanów (17,2 mg/l), niższe azotynów (<0,007 mg/l) oraz zmianę odczynu wody na słabo zasadowy (pH=8,28). W wodzie stwierdzono ponad dwukrotnie wyższe w stosunku do obowiązujących norm dla wód do spożycia stężenia żelaza. Są to wody miękkie o twardości 24 mval/l, nie odnotowano w nich metali ciężkich (badania wody zbiorczej z 2008 r.)

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków poboru

Pobór wody z ujęcia jest kształtowany przez decyzje wynikające z zapotrzebowania miasta. Stanowił on stale niewiele ponad 20% zatwierdzonych dla ujęcia zasobów eksploatacyjnych. Zmiany wydajności przedstawiono na rysunku 6.4.6. Wieloletni, trwający od 1962 r. do chwili obecnej, pobór wody z ujęcia wykazał, że jego zasoby eksploatacyjne ustalone w 1989 r. w ilości 1175 m³/h nie były nigdy w pełni wykorzystane. Maksymalnie pozyskano wodę w 2009 r. w ilości 297 m³/h z tym, że wymagało to pompowania wody ze studni przy znacznie mniejszych depresjach eksploatacyjnych niż ustalono je na etapie próbnych pompowań. Występujące od kilkunastu lat ograniczenie poboru wody nastąpiło wskutek systematycznego zmniejszania się zapotrzebowania na wodę wodociągów w Bolesławcu. Konieczność ograniczenia zasobów eksploatacyjnych powinna wynikać także z potrzeby

zapewnienia ciągłości przepływu rzeki Bóbr. Skalę rozbieżności prognoz zasobowych obrazuje różnica pomiędzy zasobami eksploatacyjnymi ujęcia ustalonymi w 1989 r. w ilości 1175 m³/h a ich późniejszą korektą w pozwoleniu wodnoprawnym do ilości 543 m³/h dokonaną w 1998 r. Wynosi ona 632 m³/h (54%), co świadczy, że potwierdzone wieloletnią eksploatacją rzeczywiste pobory ujęcia są blisko 2 razy mniejsze od skorygowanej prognozy zasobowej. Inny charakter ma próba oceny rozbieżności prognozy zasobowej z 1989 r. ze stanem obecnym ujęcia poprzez porównanie depresji przy ustalonych w 2009 r. wydajnościach eksploatacyjnych studni z depresjami prognozowanymi dla tych samych wydajności w dokumentacji z 1988 r. (odczytane z wykresów próbnych pompowań). Są one całkowicie zbieżne z wyjątkiem studni nr 1a, 2a, 3a i 4a podłączonych do rurociągu systemem lewarowym, co utrudnia określenie aktualnej depresji (tab. 6.4.6).

Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Opisana powyżej zbieżność wcześniejszych prognoz zasobowych z rzeczywistymi warunkami hydrodynamicznymi w rejonie ujęcia wynika bezpośrednio z metod zastosowanych dla obliczenia jego zasobów eksploatacyjnych. W 1988 r. ustalono je na podstawie poprawnie wykonanych i zinterpretowanych wyników próbnych pompowań indywidualnych i zespołowych 20 studni, lecz bilans wodny ujęcia nie był skorygowany z uwzględnieniem przepływu dyspozycyjnego Bobru oraz wzrostu mętności wody podczas poboru 1175 m³/h z 20 studni. Należy wziąć pod uwagę, że dla obecnie notowanych wydajności eksploatacyjnych pojawia się także podwyższone zmętnienie wody surowej. Ważną barierą ograniczania $Q_{\max}$ jest też

Tabela 6.4.6. Porównanie depresji określonych dla wydajności eksploatacyjnych studni ujęcia Rakowice ustalonych w 2009 r. z depresjami prognozowanymi dla tych wydajności w 1988 r.

Nr studni	Wydajność eksploatacyjna (2009 r.) [m ³ /h]	Depresja eksploatacyjna (2009 r.) [m]	Wydatek jednostkowy (1988 r.) [m ³ /h/m]	Obliczona depresja eksploatacyjna (1988 r.) [m]	Zmiana depresji w odniesieniu do prognozowanej w 1988 r. [m]
1	60	1	41,25	1,45	+0,45
1A	116	2,04	57,81	2,01	-0,03
2	60	1	58,83	1,02	+0,02
2A	130	2,88	44,86	2,90	+0,02
3	60	1	35,56	1,69	+0,69
3A	127,1	2,75	47,07	2,70	-0,05
4	60	1	36,23	1,66	+0,66
4A	126,8	3,57	36,23	3,49	-0,08
5	130	1,9	68,79	1,89	-0,01
6	120	1,8	66,56	1,80	0
9r	108,5	1,5	77,29	1,40	-0,1
10r	11,5	1,3	100,00		

przepływ dyspozycyjny Bobru oceniany w przekroju Bolesławca na 10 142 m³/h, czyli 35% zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Zbyt optymistycznie oceniano zapotrzebowanie na wodę z tego ujęcia, które w 2009 r. wynosiło zaledwie 30% zasobów eksploatacyjnych ujęcia Rakowice. Nie doceniano dotąd potrzeby obserwacji oddziaływania ujęcia na warunki wodne na obszarze spływu wody do ujęcia.

W ramach współpracy z wodociągami w Bolesławcu Aquator Wrocław (2009) przedstawił koncepcję organizacji sieci obserwacyjnej w rejonie ujęcia (studnie, piezometry, studnie kopane, wodowskazy, stacja opadowa), planując rozpoczęcie systematycznych obserwacji hydrogeologicznych i hydrologicznych. Pozwoli to na rejestrację zmian zachodzących w warunkach wodnych w rejonie ujęcia i wykonanie w najbliższym czasie nowej prognozy zasobowej. Dużym utrudnieniem w jednoznacznej ocenie zasięgu obszaru spływu wody do ujęcia oraz terenu jego ochrony pośredniej jest zawyżona wartość zasobów eksploatacyjnych. W ramach planowanej rozbudowy ujęcia polegającej na podłączeniu siedmiu dotąd nieczynnych studni 12r–18r możliwa jest reorganizacja pracy ujęcia. Podczas prac dokumentacyjnych w 1988 r. (Kołodziej, Zoń, 1988) w trakcie próbnego pompowania zespołowego uzyskano z nich wydajność 731 m³/h, przy depresji średniej 1,3 m. Ich eksploatacja umożliwi pozyskiwanie wody z 20 studni z wydajnością przekraczającą 25 000 m³/d, bez uwzględniania innych opisanych powyżej ograniczeń eksploatacyjnych. Problemem wymagającym rozpoznania jest stan techniczny oczekujących już 28 lat na podłączenie nieczynnych otworów studziennych, a ściślej ich filtrów. Korzystnym czynnikiem dla pracy ujęcia będzie wydłużenie bariery brzegowej oraz lokalizacja studni na obszarze leśnym bez znacznego dopływu ze zlewni z zabudową wiejską. Należy także rozpoznać ewentualny rozwój procesów kolmatacji dna Bobru i potoków w strefie zasilania oraz konieczności zachowania ich przepływu nienaruszalnego.

Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono poprzez pompowanie grupy nieczynnych studni oraz ośmiu studni czynnych eksploatowanych dla zaopatrzenia w wodę Bolesławca. Przyjęto wydajność eksploatacyjną zbliżoną do maksymalnej uzyskanej wydajności. Nie obserwowano ewentualnego wpływu tego pompowania na przepływy rzeki Bóbr. Nie brano także pod uwagę problemów przepływu nienaruszalnego tej rzeki w przekroju ujęcia oraz wartości jej zasobów dyspozycyjnych. Podczas 30-letniej eksploatacji nie wykorzystywano więcej niż 25% ustalonych zasobów. W trakcie planowanego włączenia wszystkich studni należy ustalić optymalną wartość zasobów eksploatacyjnych, biorąc pod uwagę powyższe zastrzeżenia, wykonać numeryczny model nowego układu studni oraz opracować na tę okoliczność dodatek do zasobowej dokumentacji hydrogeologicznej obejmujący wyniki badań oraz rezultaty ponad 30-letniej eksploatacji. Istotne jest także przebadanie stanu od tyłu lat nieczynnych studni oraz kolmatacji koryta rzeki. Może się okazać, że potrzebna będzie prognoza pracy ujęcia w warunkach hydraulicznych wywołanych w tym rejonie przez planowane na Bobrze dwie elektrownie wodne.

Literatura

- Aquator Sp. z o.o., 2009. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej w celu ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody w Rakowicach koło Bolesławca. Wrocław.
- Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego. 1997. Wrocław. Opr. archiwalne.
- Daszkiewicz W., 1983. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych w kat. B ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych doliny Bobru (z infiltracji) wraz z projektem badań na rozbudowę ujęcia Rakowice–Bożejowice gm. Bolesławiec woj. jeleniogórskie. PG, Wrocław. Opr. archiwalne.
- Duziak M., Muszyński M., 1987. Operat na strefy ochronne ujęć wody dla miasta Bolesławca w Bolesławcu i Rakowicach. Biuro Proj. Bud. Kom. Wrocław. Opr. archiwalne.
- Jarosz E., 2000. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych. Usługi Geol. – E. Jarosz, Lwówek Śl. Opr. archiwalne.
- Kołodziej S., Zoń L., 1988. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych w kat. B ujęcia wody podziemnej (infiltracyjnej) z utworów czwartorzędowych doliny rzeki Bóbr w Rakowicach. Rol. Spółdz. Usług.-Prod. Wrocław. Opr. archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Popow A., Kleśta W., 2007. Diagnoza, ocena oraz prognoza stanu wód powierzchniowych w obrębie miasta Bolesławiec. Aquator Sp. z o.o., Wrocław. Opr. archiwalne.
- Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne, 1974. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych w kat. B ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych doliny Bobru wraz z projektem badań na rozbudowę ujęcia Rakowice–Bożejowice gm. Bolesławiec woj. jeleniogórskie. Wrocław. Opr. archiwalne.

6.5. Ujęcia wód podziemnych z utworów mezozoicznych

6.5.1. Ujęcie Las Gdański dla Bydgoszczy

Marzena Boroń, Stanisław Dąbrowski, Witold Rynarzewski

Wstęp i informacje podstawowe

Ujęcie wody podziemnej Las Gdański w Bydgoszczy jest własnością Miejskich Wodociągów i Kanalizacji w Bydgoszczy Sp. z o.o. Obiekt składa się aktualnie z 20 studni, ujmujących poziom plejstoceński (6 studni) – ujęcie eemskiej doliny kopalnej i ujęcie z poziomu dolnokredowego (14 studni), które są rozmieszczone w wąskim pasie o długości około 5,5 km, położonym na terenach leśnych w granicach administracyjnych miasta (rys. 6.5.1).

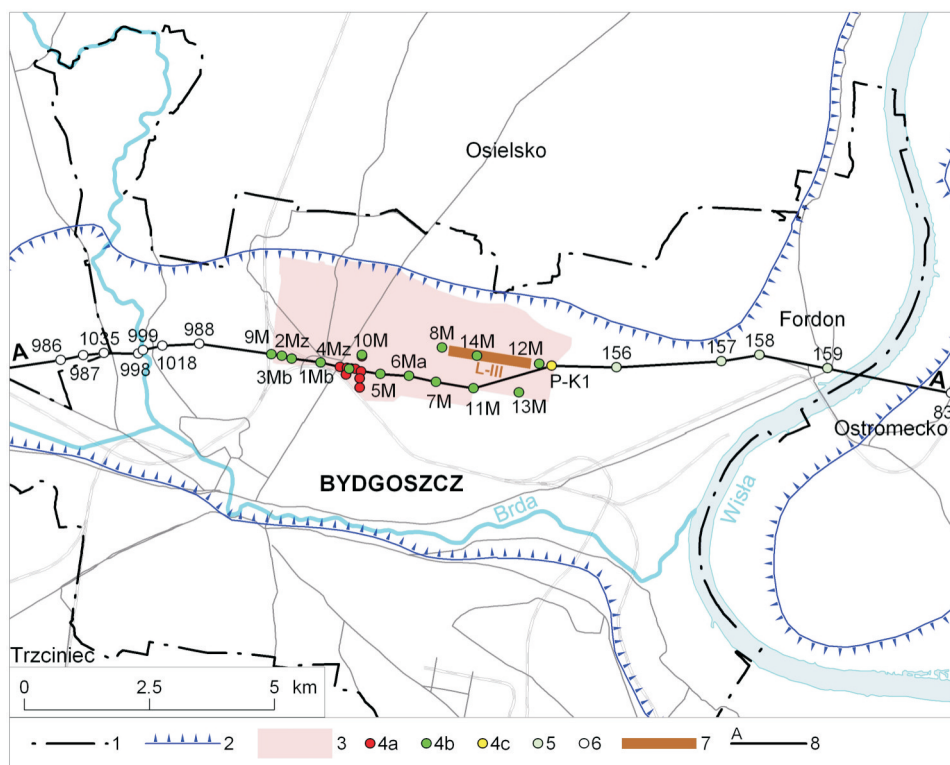
Od 1900 r. do 1962 r. było ono podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę Bydgoszczy. Do początku lat 50. XX w. funkcjonowało jako ujęcie lewarowe, bazujące na górnoplejstoceńskiej – gruntowej – warstwie wodonośnej. Od tych lat do chwili obecnej, oprócz ujęcia lewarowego, którego eksploatację zakończono w 2003 r., wykorzystywana jest eemska dolina kopalna (edk) i poziom dolnokredowy w piaskach walanżynu.

Aktualnie użytkowane zasoby eksploatacyjne ujęcia Las Gdański zostały zatwierdzone na podstawie dokumentacji sporządzonej przez Hydroconsult sp. z o.o.

w Poznaniu decyzją wojewody kujawsko-pomorskiego z dnia 15 czerwca 2000 r. nr OS 7441/12/95/00, w ramach ogólnie oszacowanych zasobów rejonu Bydgoszczy w ilości 4423 m³/h, w tym ujęcie Las Gdański: 1825 m³/h (1550 m³/h z dolnej kredy, 275 m³/h z plejstocenu – z dodatkowym podziałem na: 195 m³/h – z eemskiej doliny kopalnej i 80 m³/h z poziomu gruntowego – dawny Lewar nr III). Ujęcie dolnokredowe w Lesie Gdańskim jest więc obecnie podstawowym ujęciem wód podziemnych miasta Bydgoszczy.

Pobór wód podziemnych odbywa się na podstawie pozwolenia wodnoprawnego – decyzja wojewody kujawsko-pomorskiego znak: WSiR-III-DL/6811/4/05, z dnia 19.01.2005 r., w ilości $Q_{\max h} = 1820 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{sr d}} = 38\,000 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{\max d} = 42\,000 \text{ m}^3/\text{d}$.

Ujęcie plejstoceńskie objęte jest strefą ochronną na podstawie Rozporządzenia Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gdańsku nr 3/2008, z dnia 20 czerwca 2008 r., opublikowanego w Dzienniku Urzędowym Województwa Kujawsko-Pomorskiego.



Rys. 6.5.1. Mapa orientacyjna rejonu ujęcia Las Gdański w Bydgoszczy

Objaśnienia: 1 – granica miasta Bydgoszczy; 2 – granice występowania głównych struktur dolinnych i pradolinnych; 3 – ujęcie Las Gdański; 4 – otwory ujęcia Las Gdański: 4a – piętro czwartorzędowe – poziom doliny kopalnej, 4b – piętro kredowe, 4c – piezometr ujęcia dolnokredowego; 5 – otwory studzienne kredy fordońskiej; 6 – otwory inne; 7 – ujęcie lewarowe – Lewar III, zlikwidowane w 2003 r.; 8 – linia przekroju hydrogeologicznego

Przedstawienie problematyki eksploatacyjnej i badawczej

Rozważanym dalej problemem badawczym jest omówienie następnych etapów rozwoju ujęcia, w poziomie dolnokredowym. Opisano metody szacowania zasobów eksploatacyjnych ujęcia i rejonu Bydgoszczy na tle rosnącego poboru wody podziemnej ze studni zakładowych i przemysłowych na terenie Bydgoszczy. Prowadzony monitoring stanów wody podziemnej na tym ujęciu pozwolił na weryfikację kolejnych prognoz modelowych wykonywanych w latach 1993–1999 dla Bydgoszczy i ujęcia Las Gdański. Analizuje się również zmiany jakości wody podziemnej tego największego ujęcia dolnokredowego w Polsce w powiązaniu z zasilaniem z nadległych warstw kenozoicznych oraz możliwą ascensją wód zmineralizowanych z poziomów wgłębnych, a także ze zmineralizowanej wody warstwy dolnokredowej na wschód od ujęcia Las Gdański.

Lokalizacja ujęcia Las Gdański

Ujęcie położone jest w północnej części Bydgoszczy w granicach Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej (Kondracki, 2000), na terenie Kotliny Toruńskiej i dolnego odcinka Doliny Brdy, na VI (Galon, 1972) tarasie erozyjnym tej rzeki. Od północy ujęcie przylega do Wysoczyzny Świeckiej. Teren znajduje się na obszarze zlewni Dolnej Brdy, około 7 km na zachód od jej ujścia do Wisły.

Rzędne terenu oscylują od 53 m n.p.m. (pradolina) do 110,2 m n.p.m. na przyległej wysoczyźnie. Strome krawędzie erozyjne północnego brzegu pradoliny o przebiegu W–E poprzecinane są czterema rozgałęzionymi parowami generalnie o przebiegu N–S, którymi płyną całoroczne strumienie, wsiąkające w ziemię w odległości 1–2 km powyżej linii czynnych studni. Średnia ilość opadów atmosferycznych w tym rejonie wynosi około 560 mm/r. Lokalizację studni ujęcia wody Las Gdański na tle granic administracyjnych Bydgoszczy przedstawiono na rysunku 6.5.1.

Teren ujęcia jest pokryty 100-letnim lasem sosnowym, od zachodu i południa ograniczony liniami kolejowymi (Katowice–Gdańsk i Warszawa–Gdańsk), od południa zabudową miejską z kolejową bazą paliwową PKP/OKTAN i nieczynnym składowiskiem odpadów, a od północy obiektami Leśnego Parku Kultury i Wypoczynku oraz nie skanalizowanymi ogrodami działkowymi. Przez teren ujęcia biegnie droga krajowa Warszawa–Gdańsk.

Opis ujęcia

Ujęcie wody Las Gdański (SW-1) aktualnie składa się z:

- 6 czynnych studni eksploatujących warstwę plejstocенską doliny eemskiej (edk) nr: 1Qb, 2Qz, 3Qz, 4Qb, 9Qb, 12Qb,
- 14 czynnych studni eksploatujących dolnokredowy poziom wodonośny nr: 1Mb, 2Mz, 3Mb, 4Mz, 5Mz, 6Ma, 7M, 8M, 9M, 10M, 11M, 12M, 13M, 14M,
- 12 otworów obserwacyjnych zafiltrowanych w plejstocенskim poziomie wodonośnym: 1p, 2p, 3p, 4p, 5p, 6p, 7p, 8p, 9p, 13p, 14p, 17p i 1 nieczynnej studni – 5Q (piezometr),

- 1 otworu obserwacyjnego, który jest zafiltrowany 2-częściowo w dolnokredowym poziomie wodonośnym – P-K1.

Do monitoringu ujęcia wykorzystywane są też dane z posterunku PIG-457 I rzędu Jagodowo, odległego o 6,5 km na NW od ujęcia.

Dane konstrukcyjne eksploatowanych obecnie studni zestawiono w tabelach 6.5.1 i 6.5.2.

Tabela 6.5.1. Charakterystyka geologiczno-techniczna studni eksploatujących poziom doliny kopalnej

Nr otworu	Rok budowy	Głębokość otworu [m]	Głębokość zafiltrowania [m]	Zwierciadło wody nawiercone [m p.p.t.]	Zwierciadło wody ustabilizowane [m p.p.t.]	Q [m ³ /h]	S [m]
1Qb	1992	60,0	43,0–58,0	7,5	7,5	90,0	3,2
2Qz	1987	66,0	44,0–59,0	7,75	7,75	60,0	5,2
3Qz	1987	68,0	46,9–62,3	8,36	8,36	60,0	3,5
4Qb	1982	61,0	43,0–58,0	6,85	6,85	64,0	5,6
5Q	1959	65,0	50,5–60,5	60,5	12,0	50,0	3,4–5,5
9Qb	1991	64,0	49,5–59,5	9,25	9,25	75,0	5,55
12Qb	1993	83,9	38,59–77,7	38,0	9,5	80,0	15,0

Uwaga: studnia nr 12Qb zafiltrowana jest w utworach wodonośnych miocenu będących w oknie hydrogeologicznym z plejstoceńską doliną kopalną.

Tabela 6.5.2. Charakterystyka geologiczno-techniczna studni eksploatujących poziom dolnokredowy

Nr otworu	Rok budowy	Głębokość otworu [m]	Głębokość zafiltrowania [m]	Zwierciadło wody nawiercone [m p.p.t.]	Zwierciadło wody ustabilizowane [m p.p.t.]	Q [m ³ /h]	S [m]
1Mb	1987	191,0	126,7–186,0	107,0	19,03	210,0	10,0
2Mz	1975	187,5	123,0–182,1	147,5	13,50	300,0	25,0
3Mb	1991	176,0	103,0–130,0	102,0	7,5	137,0	11,0
4Mz	1975	208,0	135,0–203,0	135,5	23,3	–	–
5Mz	2009	230,0	167–225	162	21,2	228,0	11,97
6Ma	1986	225,0	175,1–222,5	147,5	21,5	126,0	35,0
7M	2004	235,0	172,0–226,0	153,0	9,4	210,0	17,2
8M	1987	303,0	199,8–275,2	200,0	17,21	210,0	14,7
9M	1987	182,0	140,0–168,0	132,0	19,56	150,0	12,0
10M	1993	190,5	148,0–186,0	148	23,8	190,0	17,0
11M	1994	289,0	115,0–277,0	213,0	18,2	200,0	27,3
12M	1995	371,9	311,0–371,9	310,0	18,2	200,0	35,4
13M	1998	340,0	235,4–319,0	212,0	16,9	140–250	–
14M	1998	360,0	250,8–338,2	238,0	17,7	120–200	–

Uwaga: pomiary ustabilizowanego zwierciadła wody były wykonywane w czasie budowy.

Woda surowa ze wszystkich studni tłoczona jest pompami na stację uzdatniania (utlenienie amoniaku, odżelazianie i odmanganianie, okresowo dezynfekcja), a następnie przesyłana pompownią pośrednią na 2 zbiorniki retencyjne każdy o pojemności 5000 m³, skąd jest kierowana do sieci miejskiej dwoma rurociągami o średnicach 450 i 600 mm do północnej części miasta.

Historia badań hydrogeologicznych

Na terenie ujęcia Las Gdański eksploatowano ponad 100 studni wierconych przy zmiennej liczbie piezometrów i znacznej liczbie otworów poszukiwawczych.

Pierwsza dokumentacja geologiczna z mapą około 80 studni i przekrojami rejonu Bydgoszczy została opracowana przez Liebenaua w 1885 r., gdzie opisano głębsze podłoże do około 30 m z samowypływami z poziomu miocenijskiego do około 40 m n.p.m. Pierwsze prace poszukiwawcze dla ujęcia wykonano w latach 1894–1900 pod kierunkiem Otto Smrekera w rejonie wsi Bocianowo (aktualnie w rejonie studni nr 11M). W latach 1900–1904 powstało tu 16 płytkich (ok. 12–16 m) otworów Lewara I, położonego na wschód od stacji wodociągowej. Studnie lewarowe wiercone były w rurach $d=600$ mm, wyposażone w miedziane filtry mostkowe $d=200$ mm z dwuwarstwową obsypką żwirową 2–3 i 5–6 mm i otworem piezometrycznym zabudowanym w zewnętrznej obsypce. Długość Lewara I wynosiła około 2 km, a łączna wydajność 16 studni około 220 m³/h (2 mln m³/r w 1902 r.). W latach 1904–1905 dobudowano 17 podobnych studni Lewara II – zachodniego o długości 1,5 km i głębokości studni 11,72–13,56 m, zwiększając całkowitą wydajność ujęcia do 400 m³/h (3,5 mln m³/r w 1924 r.). W 1936 r. na terenie stacji wodociągowej odwiercono pierwszą studnię trzeciorzędową – A – o głębokości 156 m, według aktualnych danych dolnokredową, z udokumentowanym samowypływem z tej warstwy.

W latach 1926–1939 obiekt rozbudowano pod kierunkiem Roberta Rosłońskiego o kolejne 20 studni Lewara III (wschodniego) o głębokości 12, 14–17, 18 m, wydłużając barierę wszystkich studni do 5,5 km i osiągając maksymalną wydajność warstwy gruntowej do 627 m³/h (5,3 mln m³/r w 1944 r.), nadal bez konieczności uzdatniania chemicznego i dezynfekcji wody.

W latach 1952–1954 Przedsiębiorstwo Geologiczne Gospodarki Wodnej z Gdańska kontynuowało badania hydrogeologiczne w celu wydłużenia bariery studni w kierunku zachodnim o kolejny lewar. Bardziej efektywne okazały się jednak wiercenia prowadzone w granicach eemskiej doliny kopalnej udokumentowanej badaniami geofizycznymi w rejonie stacji wodociągowej, gdzie do 1952 r. wykonano 12 studni o głębokości od 54 do 71 m. W efekcie zwiększono pobór wody z obu warstw o 250–390 m³/h do wydajności 830 m³/h łącznie, kosztem wyłączenia początkowo tylko 4 studni Lewara II, znajdujących się w granicach edk, gdyż ich dna znalazły się powyżej obniżonego zwierciadła wody warstwy II. Jednocześnie firma ta wykonała w warstwie dolnokredowej (wówczas uważanej za starszy miocen) studnię nr 3 o głębokości do 214 m, co pozwoliło uzyskać 240–265 m³/h, lecz przy konieczności zastosowania odżelaziania wody. W latach 1956–1957 odwiercono 5 studni o nr 13–17 o głębokościach od 183,5 m do 240 m, ujmujących piętro „trzeciorzędowe”, a w 1961 r. studnię 4M zastępczą za nr 3.

Eksploatacja ujęcia przekraczająca $1100 \text{ m}^3/\text{h}$ ($9,6 \text{ mln m}^3/\text{r}$) została osiągnięta ok. 1959 r. W celu pokrycia deficytu wody na podstawie opinii Zdzisława Pazdro w 1962 r. wybudowano największe ujęcie miejskie oparte na wodach powierzchniowych z rzeki Brdy (SW-4) o wydajności $200 \text{ tys. m}^3/\text{d}$.

W 1965 r. na zlecenie WPWiK w Bydgoszczy Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Gdańsku opracowało zbiorczą dokumentację hydrogeologiczną ustalającą zasoby eksploatacyjne z warstw wodonośnych pięter czwartorzędowego i trzeciorzędowego. W momencie ustalania zasobów czynnych było 51 studni w trzech lewarach, z których pobierano $350 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji od 0,03 do 5,04 m. Wydajność eksploatacyjna studni ujmujących plejstoceniową warstwę doliny kopalnej wynosiła $Q=247 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s=2,8\text{--}16,5 \text{ m}$, z ośmiu studni 4Q–12Q. Eksploatacja trzeciorzędowej warstwy wodonośnej studniami nr 1M, 2M, 3M, 4M wynosiła $Q=240 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s=4,0\text{--}6,95 \text{ m}$. Na podstawie opracowanej dokumentacji (Wójcicka, 1965) dla ujęcia zostały zatwierdzone zasoby w kategorii A decyzją prezesa CUG z dnia 13 grudnia 1966 r., znak KDH/013/2005/W/66 w ilości:

- dla warstw czwartorzędowych – $Q = 597 \text{ m}^3/\text{h}$, przy $s = 0,03\text{--}16,5 \text{ m}$,
- dla warstwy trzeciorzędowej – $Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$, przy $s = 4,0\text{--}7,0 \text{ m}$.

W latach 1973–1974 Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Gdańsku opracowało projekt badań hydrogeologicznych wraz z określeniem zasobów w kategorii C na rozbudowę ujęcia i ustalenie zasobów ujęcia w kategorii B z trzeciorzędowego piętra wodonośnego.

W 1975 r. na terenie Lasu Gdańskiego czynne były: Lewary I i III, 12 studni edk i 7 studni dolnokredowych odwierconych w latach 1953–1975 (zaliczanych wówczas do eocenu na podstawie badań Akademii Górniczo-Hutniczej), ale kosztem już całkowitej likwidacji Lewara II i dalej Lewara I. Sumaryczna wydajność ujęcia Las Gdański przekroczyła $10,5 \text{ mln m}^3/\text{r}$. (tj. ok. $40 \text{ tys. m}^3/\text{d}$).

W latach 1974–1977 na podstawie sporządzonego projektu prac Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne z Gdańska wykonało otwory studzienne ujmujące trzeciorzędowe piętro wodonośne o nr: 1Mz–4Mz (zastępcze za 1M–4M) o głębokościach 175–208 m i otwory 5M–7M o głębokości 192–229 m. Otwory o numerach od 1M do 4M zlikwidowano, zlikwidowano również otwór nr 12Q, a w zamian wykonano otwór zastępczy 12QA.

W latach 1977–1979 po zrealizowaniu przedstawionego zakresu prac Kombinat Geologiczny „Północ” w Gdańsku opracował dokumentację hydrogeologiczną, w której ustalono zasoby eksploatacyjne w kategorii B i A dla trzeciorzędowego piętra wodonośnego. Zasoby udokumentowano w oparciu o wyniki próbnego pompowania zespołowego otworów: 1Mz, 2Mz, 4Mz, 5M i 7M, które trwały 1085 h (45 dob). Postulowana wielkość zasobów dla trzeciorzędowego piętra wodonośnego została zatwierdzona przez prezesa CUG decyzją z dnia 19 listopada 1979 r., znak KDH/013/4513/M/79 w kategorii B w wymiarze $Q = 1150 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 21\text{--}79 \text{ m}$, w tym w kategorii A w wymiarze $Q = 240 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 4,0\text{--}7,0 \text{ m}$.

W 1987 r. odwiercono dodatkowo „trzeciorzędową” studnię 8M o głębokości 300 m. Ujęcie komunalne uzyskało wówczas pozwolenie wodnoprawne do roku 2000 na pobór wód podziemnych dla potrzeb miasta w ilości: $Q_{\text{maxh}} = 1747 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{maxd}} = 41\,928 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_{\text{śrd}} = 38\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ oraz zatwierdzono strefę ochrony zasobo-

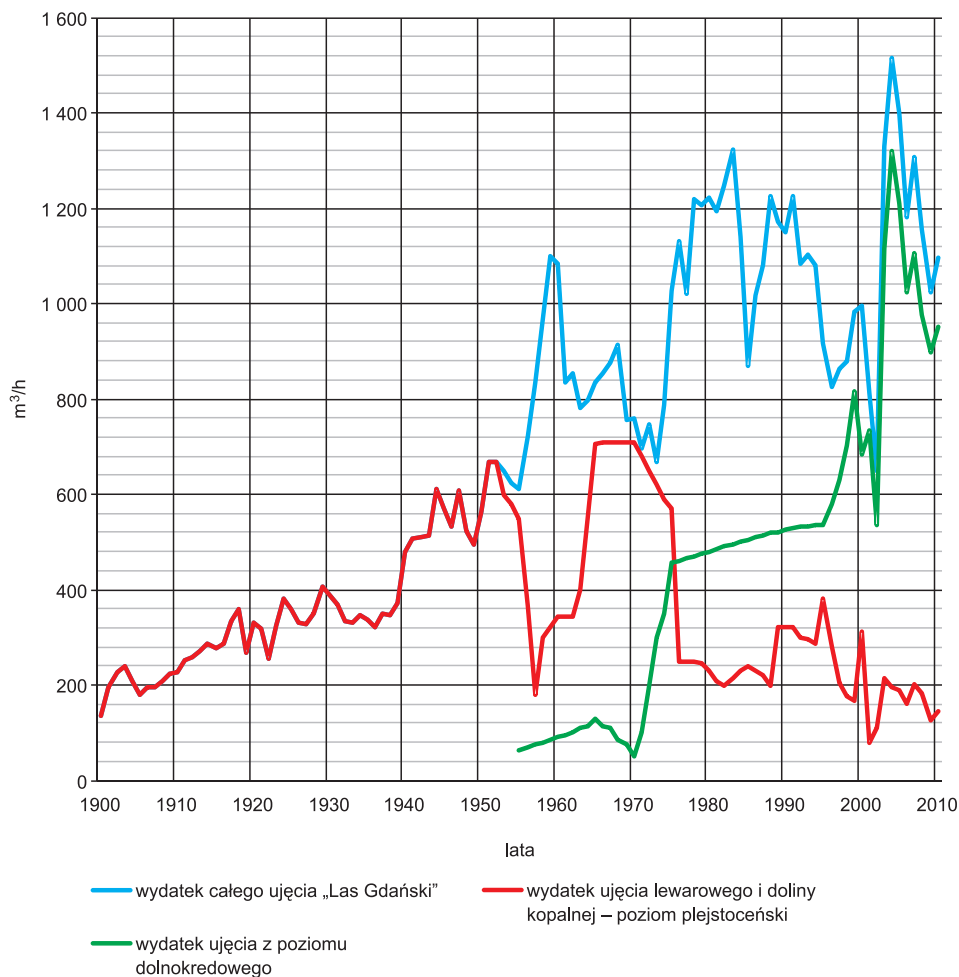
wej ujęcia, która jest równa promieniom leja depresyjnego: dla ujęcia z utworów czwartorzędu 1236 m, z utworów trzeciorzędu (kredy) 3430 m decyzja nr OS.V-7211/848/51/85 z dnia 12 lutego 1987 r. Urzędu Wojewódzkiego w Bydgoszczy.

W 1988 r. (Hercka, 1988) na zlecenie MWiK w Bydgoszczy opracowano w Przedsiębiorstwie Geologicznym Proxima we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu projekt ustalenia kompleksowego bilansu wód podziemnych w rejonie Bydgoszczy, oparty na regionalnej dokumentacji hydrogeologicznej, z oceną zasobów według modelowania matematycznego z uwzględnieniem studni komunalnych i około 100 czynnych studni przemysłowych i zakładowych rejonu Bydgoszczy dla 3 warstw wodonośnych na obszarze 164 km².

W okresie od 2 stycznia do 25 lipca 1991 r. wykonano otwór zastępczy 3Mb do głębokości 176,0 m na ujęciu „trzeciorzędowym”. Na podstawie przeprowadzonych w Bydgoszczy badań modelowych w latach 1992–1993 na obszarze około 234 km² (Dąbrowski i in., 1993) ustalono, że sumaryczna wydajność ujęć z udokumentowanymi zasobami eksploatacyjnymi w kategorii B w ilości 9917 m³/h wynieść może tylko 4023 m³/h przy rzędnych obniżenia rejonowego 3,4–12,2 m; w tym dla ujęcia Las Gdański: z warstwy poziomego gruntowego $Q = 80$ m³/h i $s = 2,0$ – $2,2$ m, z doliny kopalnej (edk) $Q = 195$ m³/h i $s = 4,4$ – $8,3$ m oraz piętra trzeciorzędowo-kredowego (poziomego dolnokredowego) $Q = 1150$ m³/h i $s = 12,9$ – $30,7$ m. Ustalono również, że eksploatacja piętra trzeciorzędowo-kredowego może być zwiększona o 400 m³/h poprzez wykonanie nowych studni. Zasoby w określonej ilości dla rejonu Bydgoszczy zostały zatwierdzone decyzją Ministra Środowiska nr KDH/013/5798/ 94 z dnia 7 listopada 1994 r. W dokumentacji tej wyrażono po raz pierwszy opinię, że część utworów piaszczystych zaliczonych do trzeciorzędu (eocenu) należy do utworów kredy.

W 1994 r. w celu podjęcia decyzji dotyczącej dalszej eksploatacji ujęcia oraz oceny jakości wody na terenie perspektywicznym przedsiębiorstwo wodociągowe zleciło wykonanie otworu badawczego P-K1 o głębokości 500 m z badaniami hydrogeologicznymi, geofizycznymi i stratygraficznymi. W wyniku analiz wykonanych w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie (Marek, 1994) na podstawie oznaczenia otwornic kopalnych udokumentowano płytsze zaleganie wschodniego skrzydła antyklinorium kujawsko-pomorskiego z identyfikacją eksploatowanej warstwy na ujęciu Las Gdański jako dolnokredowej – uprzednio trzeciorzędowej. Na tej podstawie oraz ustaleń z dokumentacji z 1993 r. w Państwowym Instytucie Geologicznym (Paczyński, 1994) opracowano projekt rozbudowy ujęcia w warstwie kredowej o około 400 m³/h z 4 nowych studni – 11M–14M. Studnie te zrealizowano do 1998 r. (Dąbrowski, 1995; Dąbrowski i in., 1999).

W 1999 r. w firmie Hydroconsult sp. z o.o. w Poznaniu opracowano aneks do dokumentacji z 1993 r., w którym na podstawie badań hydrogeologicznych i modelowych ustalono zasoby eksploatacyjne wód podziemnych w rejonie Bydgoszczy w ilości 4423 m³/h z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędowych i kredowych, w tym dla ujęcia Las Gdański $Q = 1825$ m³/h przy depresji rejonowej 2,9–31,8 m, z czego z czwartorzędu (dolina kopalna) $Q = 275$ m³/h i $Q = 1550$ m³/h z kredy dolnej.



Rys. 6.5.2. Wydajność ujęcia Las Gdański w Bydgoszczy w latach 1900–2010

W 2002 r. (po podłączeniu nowych studni) ujęcie osiągnęło aktualny kształt i składało się z 14 studni dolnokredowych, 6 studni edk i mało wydajnego Lewara III z 1939 r. przy problemach z utrzymaniem jakości wody z warstwy plejstocenijskiej z uwagi na postępujące zanieczyszczenie antropogeniczne.

Zarys budowy geologicznej

Budowa geologiczna ujęcia Las Gdański została przedstawiona na przekroju geologicznym przez teren ujęcia wzdłuż bariery studni o przebiegu W–E (rys. 6.5.3).

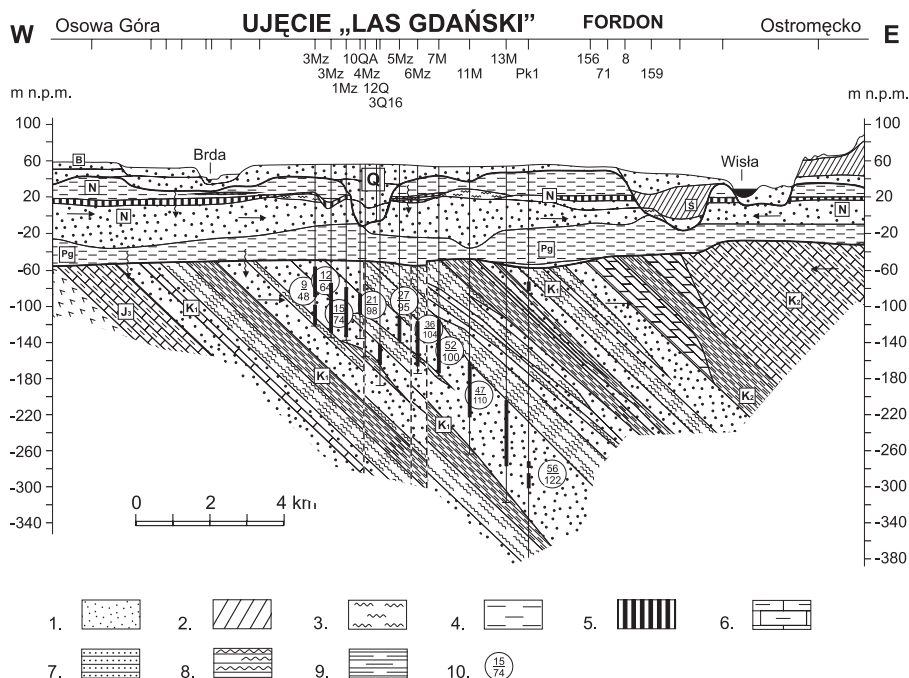
Strukturę mezozoiku stanowi tu NE skrzydło antyklinorium kujawsko-pomorskiego przechodzące w nieckę pomorską, którego podłoże mezozoiczne występuje na rzędnej od –60 do –30 m n.p.m.

Najstarszymi osadami w rejonie ujęcia są szare wapienie i margle jury górnej (portland) nawiercone w otworze P-K1 na głębokości 490–500 m.

Powyżej zalega kreda dolna wykształcona jako piaski drobnoziarniste i średnioziarniste oraz piaskowce słabo zwięzłe z przewarstwieniem mułków, iłów oraz mułowców i iłowców pięter beriasu, walanżynu, baaremu, aptu i albu. Poszczególne ogniwa stratygraficzne kredy stanowią (Marek, Leszczyński, 1994):

- berias dolny – piaski z wkładkami piaskowców przechodzące w mułowce,
- walanżyn – w dolnej części iłowcowo-ułowcowy przechodzący w serię piasków drobnych i średnich o miąższości 60–120 m i wyżej w muły i piaski mulaste z wkładkami dolomitów,
- hoteryw i baarem – serie mułków i iłów czerwonych oraz brunatnych z materią organiczną, okruchami małży oraz wkładkami dolomitów,
- apt – zaliczono tu iły i muły ciemnoszare, w części węgliste, traktowane wcześniej jako utwory eocenu,
- alb – trzeci kompleks piaszczysty występujący w Fordonie na wschodnim skrzydle antyklinorium.

W rejonie ujęcia Las Gdański jego północno-wschodnie skrzydło zapada łagodnie pod kątem kilku stopni w kierunku Wisły. Na długości około 5,5 km bariery studni powoduje to ponad 130-metrowy wzrost głębokości stropu warstwy dolnokredowej walanżynu (od 102 do 238 m).



Rys. 6.5.3. Przekrój hydrogeologiczny przez ujęcie Las Gdański (Dąbrowski, 1993, 1999)
Objaśnienia: litologia: 1 – piaski, 2 – gliny zwałowe, 3 – mułki, 4 – iły, 5 – węgiel brunatny, 6 – margle, 7 – piaskowce, 8 – mułowce, 9 – łupki ilaste, 10 – zawartość jonów: licznik chlorki, mianownik siarczany [mg/l]; stratygrafia: Q – czwartorzęd, B – zlodowacenie bałtyckie, Ś – zlodowacenie środkowopolskie

Spąg osadów kenozoicznych nawiercono na ujęciu na głębokości 112 m (otwór P_{K1}). Na osadach mezozoicznych horyzontalnie zalega oligocen wykształcony w postaci kilkunastometrowych warstw ilów, piasków drobnoziarnistych zailonych i mułków o miąższości 9–35 m. Miocen występuje w profilach studni na głębokości od 38 do 82 m. Reprezentują go piaski drobnoziarniste, mułkowate z kilkumetrowymi pokładami węgla brunatnego w stropie oraz ily pstre serii poznańskiej o miąższości do 44 m.

Miąższość osadów plejstoceniowych w tym rejonie jest zróżnicowana od kilku metrów do 80 m w dolinie kopalnej. Stanowią je utwory piaszczysto-żwirowe górnego plejstocenu i doliny interglacjału eemskiego. Starsze osady czwartorzędu na terenie ujęcia Las Gdański zostały wyerodowane.

Warunki hydrogeologiczne

Wody zwykle w rejonie Bydgoszczy występują w utworach jury i kredy, miocenu i czwartorzędu do głębokości około 500 m.

W schematyzacji hydrogeologicznej rejonu Bydgoszczy wydziela się 3 poziomy wodonośne wód zwykłych: I – gruntowy tarasów pradolinnych i dolin rzecznych i poziom doliny kopalnej powiązane hydrostrukturalnie i hydrodynamicznie, II – poziom mioceniowy oraz III – poziom kredowy – dwudzielny – warstwa dolna waleń zynu eksploatowana na ujęciu Las Gdański i górna (apt–alb) wykorzystywana w rejonie Fordonu.

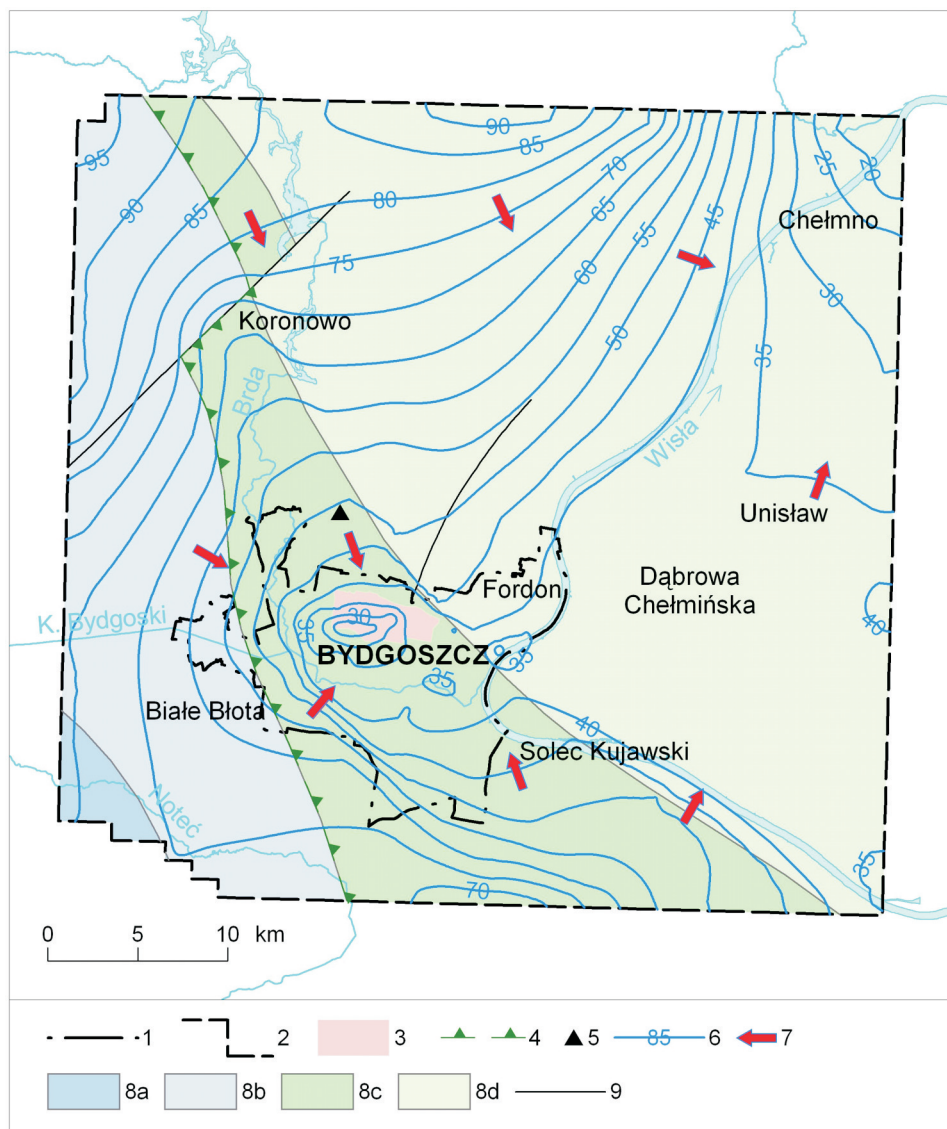
Poziom I zbudowany jest z osadów piaszczysto-żwirowych o miąższości od kilku do 20 m. Swobodne zwierciadło wody zalega około 8 m p.p.t., w warunkach naturalnych nachylone było ku Brdziejowi o spadku 0,003 lub obniżone w lejach depresyjnych studni. Poziom jest zasilany bezpośrednio z opadów atmosferycznych, lokalnie w północnej części terenu z infiltracji 4 cieków lub przez drenaż zalegających poziomów. Warstwę wodonośną tarasów pradolinnych i dolinnych budują piaski średnio- i gruboziarniste, współczynnik filtracji k wynosi od 0,00022 do 0,000965 m/s, wydatki jednostkowe q wynoszą od 14,4 do 33,5 m³/h/m, a przewodność od 21,3 do 80 m²/h.

Struktura kopalna ma szerokość około 0,5 km, głębokość około 60–80 m, przebiega w kierunku NW–SE przez teren ujęcia i ma kontakt hydrauliczny z warstwą gruntową i mioceniową. Warstwę wodonośną doliny kopalnej budują piaski średnio- i gruboziarniste ze żwirami, swobodne zwierciadło wody zalega na głębokości 8–10 m. Współczynniki filtracji wahają się od 0,000064 m/s do 0,000272 m/s, wydatki jednostkowe wynoszą od 11,5 do 28 m³/h/m, przewodność hydrauliczna około 30 m²/h.

Zasilanie poziomów czwartorzędowych jest zmienne w cyklu rocznym i w wieloletnim i zależne od warunków hydrometeorologicznych, co wyraża się obserwowaną amplitudą wahań zwierciadła wód wynoszącą w stacji Jagodowo (6,5 km od ujęcia) z wieloletnia 1,7 m i roczną 0,4–1,2 m. Według badań modelowych rejonu Bydgoszczy zasilanie to wynosi średnio 7,1–8,9 m³/h/km², co stanowi 11–14% średniego opadu w wysokości 550 mm.

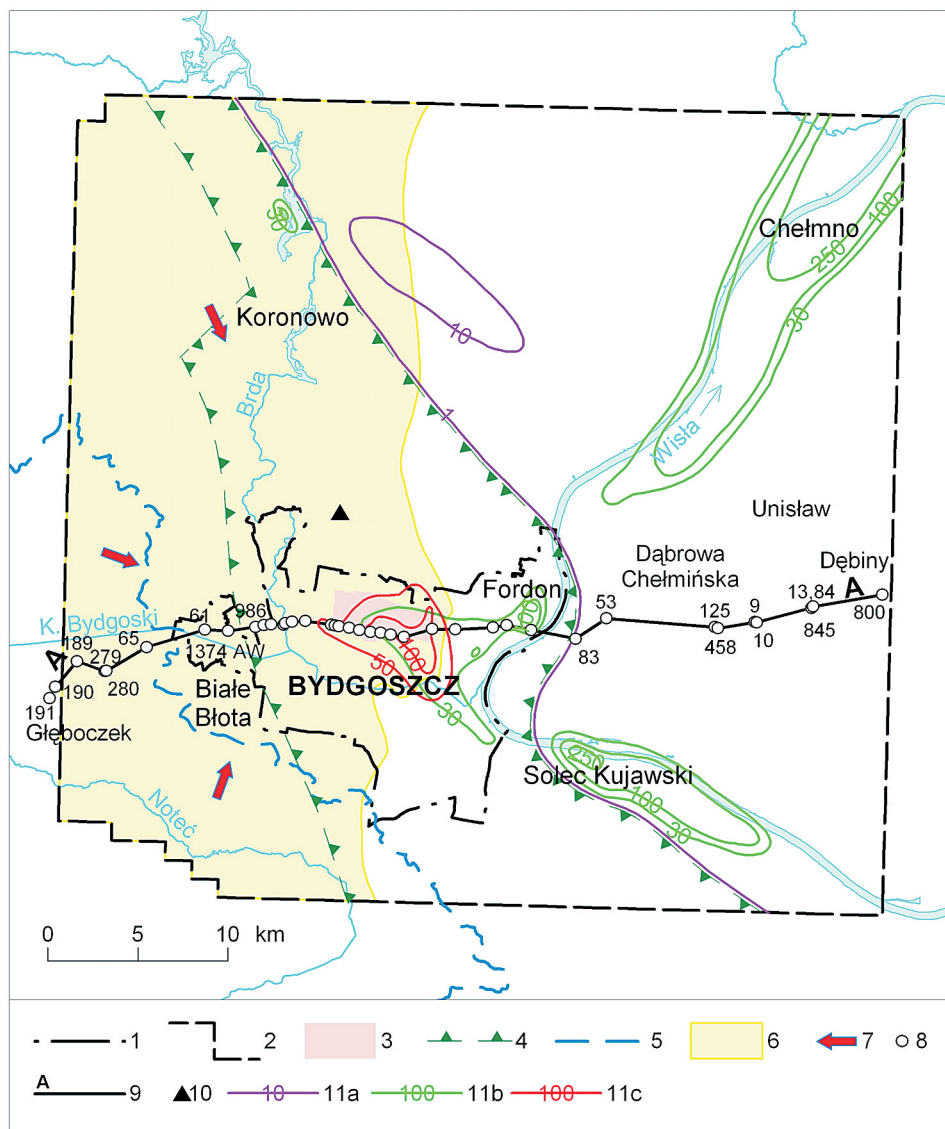
Warstwa poziomu mioceniowego zbudowana jest z drobnych i mułkowatych piasków o miąższości około 40 m, z kilkumetrowymi wkładkami węgla brunatnego

w stropie. Ten poziom wodonośny w rejonie Bydgoszczy jako Główny Zbiornik Wód Podziemnych (GZWP) nr 140 jest podzielony na 2 równoleżnikowe sektory



Rys. 6.5.4. Mapa hydrogeologiczna poziomu dolnokredowego rejonu Bydgoszczy
 Objasnienia: 1 – granica miasta Bydgoszczy; 2 – granica modelu matematycznego; 3 – ujęcie Las Gdański; 4 – zachodnia granica występowania poziomu dolnokredowego; 5 – stacja PIG I-257 Jagodowo; 6 – hydroizohipsy poziomu dolnokredowego [m n.p.m.] według badań modelowych z 1998 r. przy eksploatacji ujęcia Las Gdański z $Q=702 \text{ m}^3/\text{h}$ i innych ujęć w Bydgoszczy; 7 – kierunki spływu wód; 8 – podłoże mezozoiczne (wg Dadlez, Marek, 1994): 8a – J_2 – jura środkowa, 8b – J_3 – jura górna, 8c – K_1 – kreda dolna, 8d – K_2 – kreda górna; 9 – uskoki tektoniczne

rynami erozyjnymi wypełnionymi szarymi glinami zwałowymi wciętymi głęboko w osady oligocenu i dolnej kredy. Poziom ten występuje generalnie pod nakładem



Rys. 6.5.5. Obszar zasilania ujęcia dolnokredowego Las Gdański w Bydgoszczy

Objaśnienia: 1 – granica miasta Bydgoszczy; 2 – granica modelu matematycznego; 3 – ujęcie Las Gdański; 4 – zasięg występowania wód zwykłych w poziomie dolnokredowym; 5 – dział wód powierzchniowych Odry-Wisły; 6 – obszar zasilania ujęcia dolnokredowego Las Gdański przy wydajności 1550 m³/h; 7 – kierunki spływu wód; 8 – otwory hydrogeologiczne; 9 – linia przekroju hydrogeologicznego; 10 – stacja PIG I-257 Jagodowo; 11 – izolinie wielkości parametrów fizykochemicznych: 11a – mineralizacja ogólna [g/l], 11b – chlorki [mg Cl/l], 11c – siarczany [mg SO₄/l]

izolującej warstwy ilów poznańskich osiągających miąższość do około 44 m, przy ich całkowitym wyerodowaniu w oknach hydrogeologicznych eemskich dolin kopalnych (rys. 6.5.3). Parametry hydrogeologiczne są następujące: współczynnik filtracji wynosi około $0,0000462 \text{ m/s}$, przewodność najczęściej $4\text{--}7 \text{ m}^2/\text{h}$, wydatek jednostkowy do $5,3 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Poziom zasilany jest na drodze przesączania się wód z nadległych poziomów czwartorzędowych, które według badań modelowych wynosi $1,93 \text{ m}^3/\text{h/km}^2$.

Na terenie ujęcia poziom mioceński nie był nigdy eksploatowany, stanowiąc bufor warstwy dolnokredowej, natomiast jest podstawowym poziomem użytkowym dla studni przemysłowych i zakładowych na terenie Bydgoszczy.

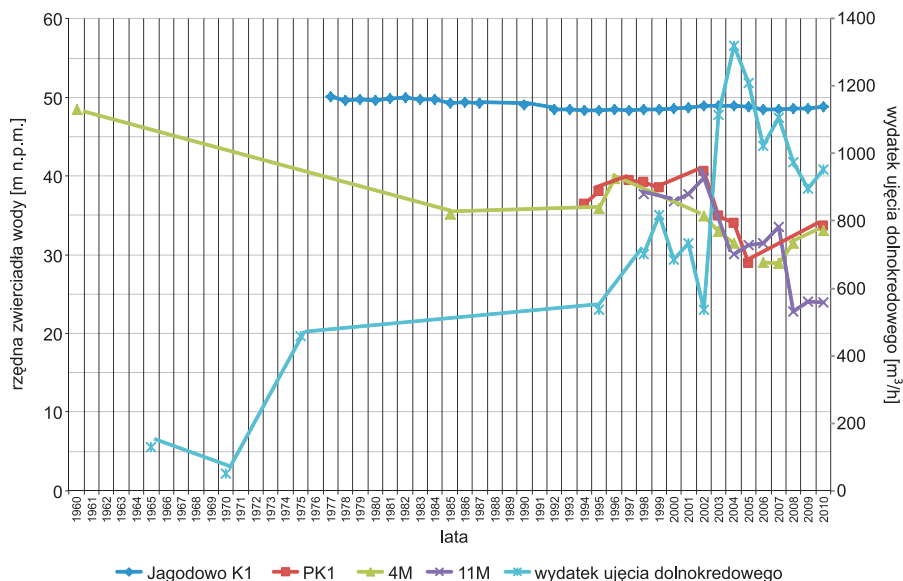
Warstwy poziomów I i II są w silnej więzi hydraulicznej. W praktyce pobór wody w ilości około $250\text{--}390 \text{ m}^3/\text{h}$ ze studni edk II warstwy ograniczał zasoby warstwy I eksploatowanej lewarami w dolinie kopalnej.

W granicach edk (II warstwa) z uwagi na jej korzystne zasilanie i uziarnienie eksploatowanych jest aktualnie 6 studni: 1Qb, 2Qz, 3Qz, 4Qb, 9Qb, 12Qb.

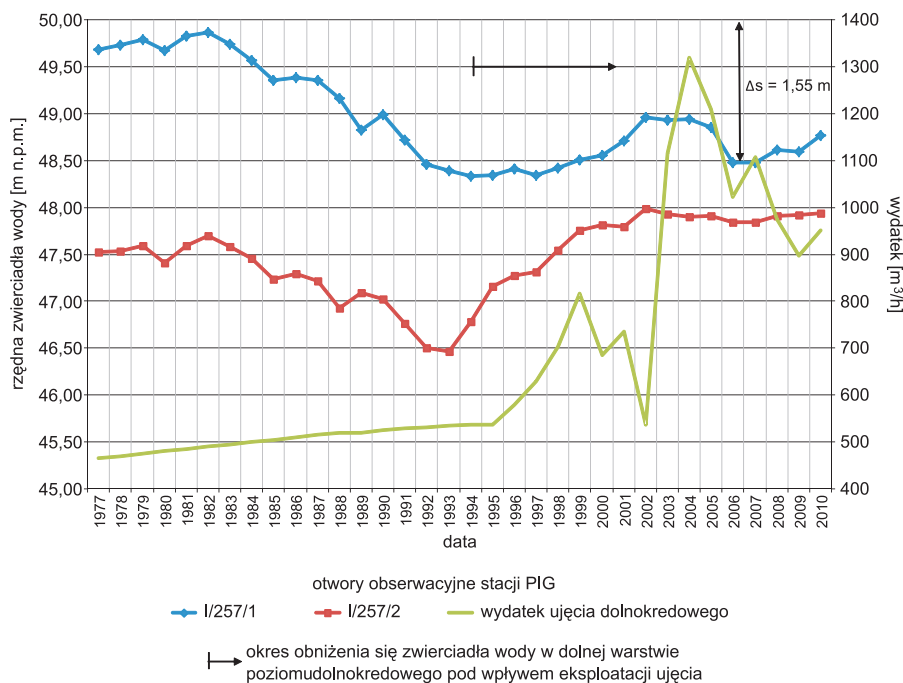
Poziom dolnokredowy jest dwuwarstwowy. Dolna warstwa związana jest z piaskami walanżynu i stanowi podstawową warstwę eksploatowaną na ujęciu. Górna warstwa związana z utworami piaszczystymi barremu–albu eksploatowana jest na wschód od ujęcia Las Gdański, na terenie Fordonu. Rozdzielają je serie mułowcowo-piaszczyste z ilami i ilowcami hoterywu o charakterze słabo przepuszczalnym. Warstwa wodonośna dolna na terenie ujęcia ma miąższość od 60 do 120 m, umożliwiając budowę studni z filtrami o długości około 60 m.

Wartości współczynnika filtracji k kształtują się od $0,0001 \text{ m/s}$ do $0,00036 \text{ m/s}$, przewodność $56\text{--}76 \text{ m}^2/\text{h}$, a zasobność sprężysta $0,000051\text{--}0,00047$. Wydajność jednostkowa q waha się od $5,65$ do $24,8 \text{ m}^3/\text{h/m}$. Wydajności pojedynczych studni mogą dochodzić do $150\text{--}250 \text{ m}^3/\text{h}$. Warstwę górną poziomu dolnokredowego, określoną jako zbiornik kredy fordońskiej, stanowią piaskowce oraz piaski baaremu i albu o miąższości $40\text{--}80 \text{ m}$. Ich parametry są również korzystne: współczynnik filtracji $0,00006\text{--}0,000139 \text{ m/s}$ przy przewodności ponad $20 \text{ m}^2/\text{h}$. Naturalną bazą drenażu wód dolnej kredy była dolina Wisły, jednak na skutek eksploatacji ujęć baza ta uległa zmianie (rys. 6.5.2). Zasilanie poziomu następuje na drodze przesączania się wód z nadległych poziomów kenozoicznych i wynosi ono według badań modelowych $0,75 \text{ m}^3/\text{h/km}^2$.

Na skutek eksploatacji ujęcia Las Gdański poziom piezometryczny wód warstwy dolnokredowej obniżył się w latach 2004–2009 z rzędnych około $53\text{--}54 \text{ m n.p.m.}$ (wg pierwszej studni nr A z tego poziomu z rzędnej $54,32 \text{ m n.p.m.}$) do $22\text{--}34 \text{ m n.p.m.}$, tj. o $20\text{--}32 \text{ m}$. Według stacji PIG Jagodowo nr 257, amplituda wahań zwierciadła wody z wielolecia 1977–2000 warstwy dolnej poziomu dolnokredowego z głębokości $220\text{--}232 \text{ m n.p.m.}$ wyniosła $2,41 \text{ m}$, zaś warstwy górnej z głębokości $138\text{--}165 \text{ m}$ – $1,45 \text{ m}$ (rys. 6.5.6, 6.5.7). Amplituda wahań wód podziemnych tego poziomu jest uzależniona od zmian zasilania wynikających z warunków hydrologiczno-meteorologicznych. Wyraźnie odzwierciedla się na wykresach wahań okres suszy hydrologicznej lat 1988–1992. Większa amplituda warstwy dolnej od górnej wynika z obniżenia zwierciadła wody również pod wpływem eksploatacji ujęcia Las Gdański i jej wielkość szacuje się na około $1,5 \text{ m}$.



Rys. 6.5.6. Zmiany stanów wody podziemnej w studniach 4M i 11M, piezometrze poziomu dolnokredowego PK-1 i na stacji PIG Jagodowo I/257 w otworze 257/1, z głębokości 225–232 m, przy eksploatacji ujęcia w latach 1960–2010



Rys. 6.5.7. Zmiany stanów wód warstw dolnokredowych na stacji PIG Jagodowo I/257 z głębokości 225–232 m (I/257/1) i 138–165 m (I/257/2) podczas eksploatacji ujęcia dolnokredowego Las Gdański w odległości około 6,5 km

Jakość wód podziemnych

Charakterystykę jakościową wód przedstawia się w zakresie stanu fizyczno-chemicznego na podstawie badań z rejonu Bydgoszczy i ujęcia Las Gdański oraz badań dla potrzeb monitoringu prowadzonego przez PIG Warszawa, a także dla dokumentacji hydrogeologicznych rejonu Bydgoszczy (Dąbrowski i in., 1993, 1999; Kazimierski, 1995; Boroń, 1999, 2000–2001, 2005), ogólnie dla poziomów czwartorzędowych i poziomu miocenińskiego, a szczególnie dla kredy dolnej rejonu ujęcia.

Wody podziemne poziomów czwartorzędowych należą do typu wodorowęglanowo-wapniowo-sodowego i chlorkowo-magnezowego o mineralizacji 0,2–1,1 g/l najczęściej 0,2–0,6 g/l, o odczynie lekko zasadowym (pH 7,2–7,8), zawierają ponadnormatywną ilość związków żelaza (średnio 1,5–2,5 mg Fe/l) i manganu (średnio 0,2–0,3 mg Mn/l), a lokalnie podwyższone ilości azotanów, chlorków i siarczanów związane z antropopresją, nie przekraczające normy dla wód do picia.

Wody poziomu miocenińskiego cechują się mineralizacją od 0,17 do 0,94 g/l, pH = 7,2–8,2 i twardością od 3,1 do 9,6 mval/l oraz utlenialnością średnio 3,0 mg O₂/l. Jakość wód obniżają związki żelaza i manganu występujące w ilościach ponadnormatywnych (żelazo 1,0–5,0 mg Fe/l, mangan 0,1–0,6 mg Mn/l). Lokalnie w części wschodniej od ujęcia stwierdza się podwyższoną lub przekraczającą normę zawartość chlorków, związanych z ascencją wód zasolonych z podłoża mezozoicznego.

Poziom dolnokredowy

Warstwy kredy fordońskiej zawierają wody pitne z tym, że wykazują one zróżnicowaną jakość związaną z zasoleniem. W otworze na ul. Piekary stwierdzono wzrost zawartości chlorków z pierwotnej 29 mg Cl/l do 232 mg Cl/l oraz podwyższoną zawartość amoniaku 0,8 mg NH₄/l i siarkowodoru, spowodowane wpływem zwiększającej się eksploatacji. Ogółem w rejonie Fordonu istnieje kilkanaście otworów eksploatujących wody z piasków baaremu–albu, przy czym zawartość chlorków w tych studniach zmienia się od 5 do ponad 110 mg Cl/l. W niektórych studniach stwierdza się podwyższone zawartości amoniaku rzędu 0,6–0,7 mg NH₄/l. Jak wynika z obserwacji czasowych, wskaźniki te wykazują tendencję wzrostową związaną z eksploatacją. Jest to efekt ascenzyjnego dopływu wód zasolonych ze strefy uskokowej wskutek wytworzenia się leja depresyjnego, a w przypadku amoniaku przemian hydrochemicznych w warstwie wodonośnej zawierającej materię organiczną.

Wody warstwy dolnej ujęcia Las Gdański to wody wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe o mineralizacji 600–790 mg/l i zawartości chlorków 9–64 mg Cl/l oraz siarczanów 48–151 mg SO₄/l, zwiększających się wraz z głębokością studni w wschodnim (rys. 6.5.3, 6.5.8). Zwiększona zawartość chlorków, siarczanów z głębokością może świadczyć o dopływie zmineralizowanych wód z podłoża lub być związana z przemianami hydrochemicznymi w warstwie wodonośnej (tab. 6.5.5), czego może dowodzić stwierdzony siarkowódór (0,04–0,28 mg/l) i amoniak (0,2–0,6 mg NH₄/l). Natomiast pozostałe badane wskaźniki jakości po-

zwalają określić te wody jako dobre lub bardzo dobre. Siarkowodór i amoniak pochodzą najprawdopodobniej z rozkładu materii organicznej obecnej w znacznych ilościach w warstwie wodonośnej i osadach słabo przepuszczalnych ilów i mulów występujących w jej spągu i nadkładzie.

Badania zawartości metali ciężkich wykazują występowanie kadmu, cynku i ołowiu w niewielkich ilościach, poniżej wielkości dopuszczalnej normą. W barierze ujęcia Las Gdański stwierdza się zmiany chemizmu związane z lokalizacją studni i ich głębokością. Studnie położone w zachodniej – płytszej – części ujęcia w większej części zasilane są poprzez infiltrację z obszaru plejstocénskiej doliny kopalnej i nadległej warstwy miocénskiej i stąd wykazują powinowactwo w zakresie podwyższonej zawartości żelaza i manganu względem tła wód kredowych, przy niższej zawartości chlorków, siarczanów, amoniaku i siarkowodoru. We wschodniej części ujęcia, gdzie studnie są głębsze i zwiększa się zasilanie lateralne i z podłoża, zawartość chlorków, siarczanów, amoniaku i siarkowodoru jest wyższa, przy niewielkich ilościach żelaza i śladowych manganu. Zróżnicowane chemicznie wody z poszczególnych studni zgodnie z ich zmienną głębokością ku E w zakresie mineralizacji, zawartości chlorków i siarczanów pokazano na rysunkach 6.5.3 i 6.5.8.

Szerszej analizie czasowej i przestrzennej poddano te wskaźniki, które w czynnych studniach ujęcia Las Gdański i piezometrach odbiegały od tła hydrogeochemicznego z 1994 r., obniżały klasę wody i zostały oznaczone na poziomie dopuszczalnych stężeń w przepisach sanitarnych. Szczególnie dotyczy to azotanów, chlorków, amoniaku i siarczanów w poziomie dolnokredowym (tab. 6.5.3).

Według tych danych jakość próbek wody z dolnej kredy wykazuje odstępstwa od normy dla wód do picia w zakresie zawartości żelaza ogólnego i manganu w części zachodniej, a w części wschodniej amoniaku.

Zmiana parametrów fizykochemicznych wody w czasie eksploatacji ujęcia

Zasadniczym problemem w zakresie ochrony jakości wód poziomu kredowego jest możliwość ascenzji solanek z podłoża w strefach uskokowych. Stężenia chlorków wahają się od kilku mg/l (studnie 3Mb, 9M – zachodnia, płytsza część warstwy i posterunek PIG Jagodowo) do około 60 mg/l (studnie 12M i 13M – część wschodnia) (rys. 6.5.8).

Porównanie obecnych wyników badań wody z wynikami badań wody w zakresie chlorków i siarczanów (rys. 6.5.8–6.5.10), a także związków żelaza (rys. 6.5.11) i manganu wykonanymi wcześniej wykazuje, że skład fizykochemiczny tych wód nie uległ zasadniczym zmianom. Istniejące różnice są skutkiem lokalnych zmian związanych z układem krążenia wód podczas eksploatacji (rys. 6.5.9–6.5.11). Poza rejonem Bydgoszczy istnieje kilka otworów ujmujących ten poziom wodonośny. W stacji PIG Jagodowo położonej na N od miasta, lecz będącej w obszarze zasilania ujęć kredowych Bydgoszczy jakość tych wód jest również korzystna, mineralizacja wynosi 384 mg/l, zawartość chlorków 8,2 mg/l, a siarczanów poniżej 1 mg/l.

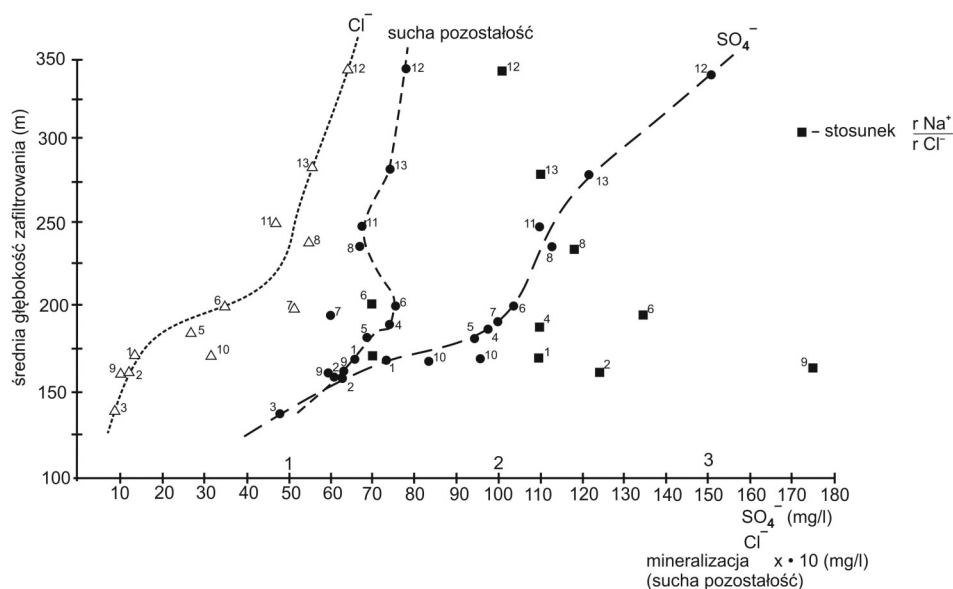
Oceniając jakość wód poziomu w utworach kredowych, należy stwierdzić, że są to wody mieszczące się w II klasie jakości według kryteriów oceny jakości wód pod-

Tabela 6.5.3. Wyniki analiz jakości wody w studniach poziomu dolnokredowego

Wskaźnik	Jednostki	Zakres oznaczeń	Norma	Tłó 94 r.
Barwa	mg/l	>5–10	15	–
Zapach		Z1G–Z2G	Akcept.	–
Odczyn	Skala pH	6,9–7,5	6,5–9,5	7,5–8,2
Amoniak	mg/l	0,076–0,82	0,5 (jon amonowy)	0,4–0,8
Azotyny	mg/l	<0,006–0,124	0,5	0–0,006
Azotany	mg/l	<0,44–0,51	50	0–0,1
Chlorki	mg/l	6,74 – 65,2	250	10–60
Siarczany	mg/l	31–141	250	0–100
Subst. rozpuszcz.	mg/l	319–742	–	300–700
Sucha pozostałość	mg/l	323–913	–	–
Utlenialność	mg/l	2,1 – 3,7	5,0	–
Żelazo ogólne	mg/l	0,051–1,76	0,2	0,2–1,2
Mangan	mg/l	0–0,271	0,05	–
Ołów	mg/l	<0,005	0,025	–
Twardość ogólna	mg/l	340–481	60–500	–
Zasadowość CaCO ₃	mval/l	6,1–9,7	–	–
Przewodnictwo	μs/cm	672–1218	2500	–
OWO	mg/l	1,55–4,35	–	–
Miedź	mg/l	<0,05–0,01	2	0–0,01
Siarczki	mgS ²⁻ /l	<0,02–0,191	–	–
CO ₂ wolny	mg CO ₂ /l	15,4–37,4	–	–
Siarkowodór	mg H ₂ S/l	<0,021–0,202	–	–
Cynk	mg/l	0,007–0,021	5,0	0,0–0,15
Sód	mg/l	53–160	200	–
Potas	mg/l	4,8–7,5	–	–

ziemnych. Należy jednak podkreślić, że istnieją rozległe strefy anomalne wynikające z istniejących stref spękań (tensji) tektonicznych poza ujęciem Las Gdański, lecz w pobliżu, grożących ascensją wód zmineralizowanych z podłoża w wyniku eksploatacji (rys. 6.5.5). Dotyczy to zwłaszcza rejonu kredy fordońskiej, gdzie w otworze przy ul. Piekary zawartość chlorków zbliża się do wartości 250 mg Cl/l. Ze względu na mały udział tych wód w ogólnym bilansie zasilania poziomu, nie powinno to generalnie zagrażać ujęciu Las Gdański.

Jakość wód poziomu dolnokredowego obniża stężenie amoniaku pochodzenia geogenicznego utrzymujące się na stałym poziomie od 0,7 mg/l w części zachodniej do 1,0 mg/l w części wschodniej bariery. Niższa zawartość amoniaku i obecność żelaza i manganu przemawia za infiltracyjnym zasilaniem zachodniej części



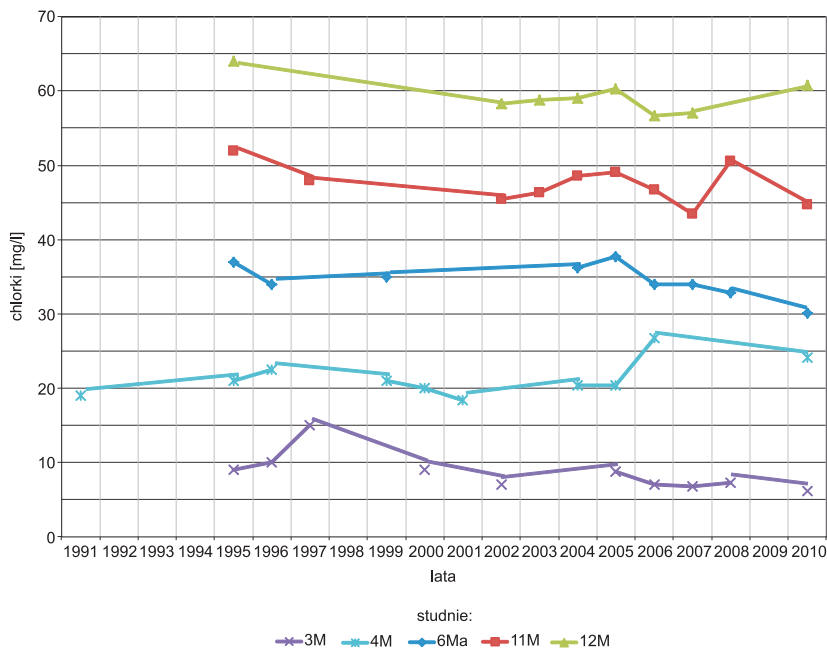
Rys. 6.5.8. Zależność zawartości chlorków, siarczanów oraz mineralizacji od głębokości zafiltrowania studni ujęcia Las Gdański (Dąbrowski i in., 1999)

ujęcia z nadległych poziomów kenozoicznych, co znajduje potwierdzenie w badaniach modelowych.

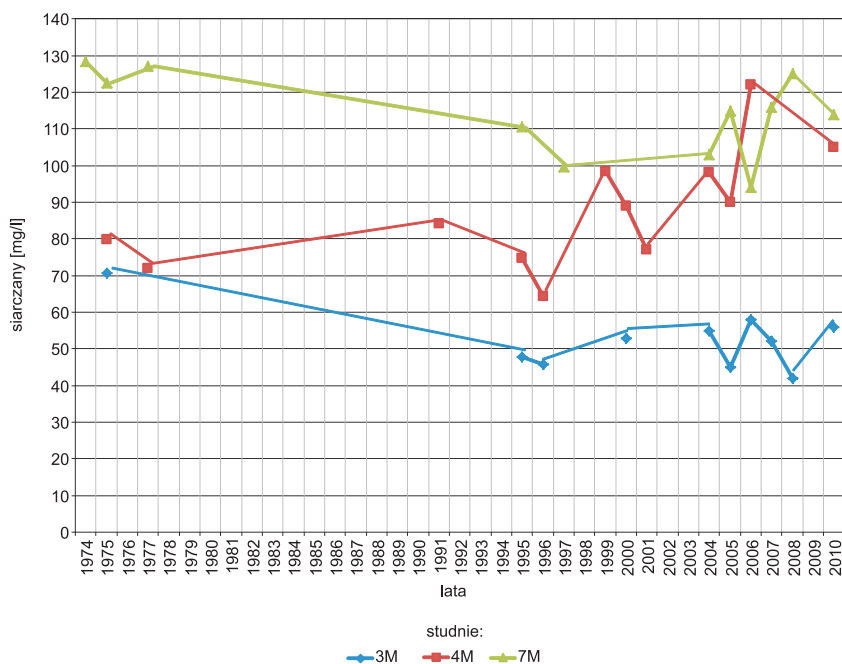
Zawartość żelaza ogólnego w wodach kredowych ujęcia jest dobrym wskaźnikiem infiltracyjnego zasilania z poziomu mioceńskiego, zwłaszcza w rejonie okna hydrogeologicznego udokumentowanego w zachodniej części ujęcia, gdzie dodatkowo kredowa warstwa wodonośna ulega wyklinowaniu tuż za studniami 3Mb i 9M.

Analiza badań jakości wód na ujęciu Las Gdański wykazuje wzrost mineralizacji tych wód z głębokością. Te zmiany składu należy wiązać z dopływem zmineralizowanych wód głębinowych, które występują w podłożu w osadach cechsztynu, triasu i jury. Migrację tych wód ułatwiają strefy tektoniczne (prawdopodobnie tensji i uskoków) związane głównie z doliną Wisły. Zarysowana strefa uskokowa w rejonie na NE od ujęcia Las Gdański (rys. 6.5.5) nie stanowi prawdopodobnie takiej strefy, o czym świadczą przedstawione wyniki badań jakości wód oraz występowania chlorków i siarczanów. Pokazany na rysunku 6.5.9 nieznaczny wzrost zawartości chlorków do 10 mg/l i siarczanów do 40 mg/l (rys. 6.5.10) w trakcie eksploatacji ujęcia należy wiązać ze zmiennością zasilania poziomu wodonośnego w związku z uwarunkowaniem zwiększonego zasilania z głębszych jego partii na skutek obniżania się zwierciadła wody.

Zmiany jakości wód poziomu dolnokredowego są niewielkie, rzędu dokładności oznaczeń tych parametrów, lecz z tendencją do wzrostu z eksploatacją, gdyż jakość tego poziomu kształtowana jest głównie poprzez dopływ wód z poziomu mioceńskiego, a dopływ z podłoża należy szacować poniżej 5% całkowitego zasilania.



Rys. 6.5.9. Zmiany stężenia chlorków w poziomie dolnokredowym ujęcia Las Gdański w latach 1991–2010



Rys. 6.5.10. Zmiany stężenia siarczanów w poziomie dolnokredowym ujęcia Las Gdański podczas jego eksploatacji w latach 1974–2010



Rys. 6.5.11. Zmiany stężenia żelaza ogólnego w poziomie dolnokredowym ujęcia Las Gdański w latach 1974–2010

Interpretacja wskaźników hydrochemicznych wody na ujęciu Las Gdański wykazuje, że są to wody z infiltracji opadów ze strefy intensywnej wymiany wód, a więc z przesączania z nadległych poziomów kenozoicznych (tab. 6.5.3). Otwory głębokie wykazują niewielką ascenzję wód zasolonych z podłoża, która powoduje wymianę jonową: Na^+ zastępuje Ca^{2+} . Zwiększona zawartość siarczanów na ujęciu pochodzi prawdopodobnie również z rozpuszczenia gipsów, które stwierdzono w profilu otworów w części wschodniej. W środowisku sedimentacyjnym zbiornika kredy dolnej typu przybrzeżnych lagun i jezior okresowo wysychających występowało wytrącanie soli, halitu, gipsów i dolomitów. Obecnie w wyniku rozpuszczenia NaCl i KCl oraz gipsów (krążenie wód ułatwiało dobrze przepuszczalne środowisko utworów piaszczystych) w profilu osadów piaszczysto-mulastych pozostały jedynie drobne warstwy dolomitów. Stąd należy uznać, że zwiększona zawartość siarczanów w rejonie ujęcia ma charakter lokalny.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych

Wydajności ujęcia Las Gdański od 1900 r. do początku lat 50. XX w., tj. dla Lewarów I i II z powierzchni $F_1 = 23,18 \text{ km}^2$ oraz dla Lewara III z dodatkowej powierzchni $F_2 = 15,45 \text{ km}^2$, przy długości bariery około 5,5 km, były ustalone na podstawie obliczeń analitycznych. Określono je dla dopływów do studni i lewarów na podstawie danych technicznych, wyników badań i obserwacji terenowych, wieloletniego pompowania oraz rejestracji obniżania stanu wody gruntowej z rzędnej około 52 m n.p.m. na 48 m n.p.m. To pozwoliło określić maksymalny wydatek lewarów –

Tabela 6.5.4. Interpretacja wskaźników hydrochemicznych wód studni ujęcia dolnokredowego Las Gdański (wg propozycji Razowskiej, 1999 r.)

Wskaźnik hydrochemiczny	9M	2Mz	1Mb	4Mz	10M	5M	6Ma	7M	8M	12M	13M	Interpretacja
Na^+/Cl^-	3,55	2,54	2,17	2,21	1,68	1,72	1,71	2,0	2,36	1,99	2,14	$1 < W$ – wody pochodzenia opadowego
$\text{Na}^+ (\text{Na}^+ + \text{Cl}^-)$	0,78	0,72	0,67	0,69	0,63	0,63	0,63	0,73	0,70	0,67	0,68	$W > 0,5$ – pochodzenie Na inne niż z halitu (wymiana jonowa)
$\text{Cl}^-/\text{suma anionów}$	0,021	0,021	0,025	0,033	0,050	0,044	0,059	0,079	0,078	0,081	0,080	$W < 0,8$ – wietrzenie węglanów, krzemianów lub siarczanów
$\text{SO}_4^{2-} \times 100/\text{Cl}^-$	542,7	532	491	468	299	353	297	192	205	236	217	$W = 10-500$ – strefa aktywnej wymiany wodami infiltracyjnymi
$\text{Mg}^{2+} (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$	0,186	0,18	0,18	0,19	0,18	0,19	0,19	0,17	0,20	0,15	0,20	$W < 0,5$ – rozpuszczanie minerałów wapniowych (gipsy)
$\text{Ca}^{2+} (\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-)$	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20	0,21	0,21	0,20	0,17	0,18	0,18	$W < 0,5$ – wietrzenie węglanów
$\text{Ca}^{2+} (\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$	0,65	0,67	0,64	0,57	0,57	0,58	0,54	0,52	0,49	0,46	0,48	$0,5 < W$ pochodzenie Ca inne niż z rozpuszczania gipsów
$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{SO}_4^{2-}$	2,29	2,52	2,22	1,64	1,65	1,64	1,46	1,33	1,18	1,01	1,15	$0,5 > W$ – usuwanie Ca wskutek wymiany jonowej dedolomityzacja
$\text{SiO}_2/(\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-)$	0,29	0,37	0,38	0,24	0,21	0,31	0,25	0,03	0,05	0,04	0,03	< 1 – wymiana kationowa
$\text{HCO}_3^-/\text{SiO}_2$	45,1	54,9	56,3	64,8	86,4	61,0	57,2	168,7	132,7	193,2	259,3	$W > 10$ – wietrzenie węglanów

Tabela 6.5.5. Prognozowane parametry fizycznochemiczne wód ujęcia Las Gdański wg oceny zasobów eksploatacyjnych z 1999 r.

Rodzaj parametrów	Wielkości średnie wg badań z 1999 r. w mg/l	Prognoza wielkości w mg/l	
		mineralizacja wód wgłębnych 3000 mg/l	mineralizacja wód głębinowych 5000 mg/l
Mineralizacja	684	800	900
Siarczany (SO_4^{2+})	104	113	122
Chlorki (Cl^-)	37	85	168
Żelazo (Fe^{2+} , Fe^{3+})	0,71	0,6	0,5
Mangan (Mn^{2+})	0,09	0,07	0,05
Utlenialność (Pt)	3,4	4	5

625 m³/h. Pierwsze obliczenia dla ujęcia ze studni z doliny kopalnej zawierała dokumentacja PGGK „Północ” z Gdańska opracowana w 1954 r. Na podstawie sporządzonych projektów z rozpoznania struktury doliny kopalnej i poziomu trzeciorzędowego dolnego wykonano 8 dalszych studni poziomu plejstocénskiego i 7 studni głębokich do 205 m.

Pierwsza znormalizowana dokumentacja geologiczna ujęcia w kategorii A według nowego prawa geologicznego została opracowana w 1965 r. na podstawie ponad 60-letniego rozpoznania hydrogeologicznego i eksploatacji oraz pomiarów ilości opadów na stacji meteorologicznej zlokalizowanej na ujęciu Las Gdański przez Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Gdańsku (Wójcicka, 1965).

Zasoby dynamiczne poziomu gruntowego w 1965 r. oszacowano na podstawie bilansu zlewni Lewarów I–III dla obszaru zasilania ujęcia $F=38,256 \text{ km}^2$, z zasilaniem opadami i spływami z wysoczyzny, przy założeniu około 30% tego zasilania na korzyść warstw głębszych. Zasoby eksploatacyjne poziomu gruntowego dla 51 studni lewarowych zostały ograniczone do 350 m³/h, a dla 7 studni doliny kopalnej (warstwa II) przyjęte na poziomie 247 m³/h przy $s=2,8\text{--}16,5 \text{ m}$ (łącznie I i II warstwa – 597 m³/h przy depresji 0,03–16,5 m), a dla warstwy III, opisanej wówczas jako starszy miocen, odpowiednio z 4 studni w ilości 240 m³/h przy depresji 4,0–7,0 m. Sumaryczna ilość zasobów eksploatacyjnych określona w 1965 r. w kategorii A wynosiła 837 m³/h i została zatwierdzona decyzją prezesa Centralnego Urzędu Geologii nr KDH/013/2005/W/66 z dnia 13 lipca 1966 r.

Zasoby dynamiczne warstwy II (dolina kopalna) i III (starszy miocen) w 1965 r. oszacowano 3 metodami: Płotnikowa, Darcy i Smreker-Hellera w ilości odpowiednio dla warstw: 158–370 m³/h i 163–245,3 m³/h. Ocena zasobów dynamicznych i eksploatacyjnych tymi metodami była dokonywana w kolejnym etapie dokumentowania zasobów ujęcia, rozpoczętym opracowaniem projektu w 1974 r. na ujęcie wód poziomu trzeciorzędowego paleogenu i przy realizacji 7 otworów oraz 10 lat obserwacji eksploatacji tej warstwy, a także przy ograniczeniu eksploatacji warstwy I na skutek całkowitej likwidacji Lewara II (Sierzęga, 1979). Łączne zasoby eksploatacyjne warstw plejstocénskich I i II zdecydowano utrzymać bez zmian w kategorii A w ilości 597 m³/h. Natomiast zasoby eksploatacyjne warstwy III (trzeciorzędowej) z 5 studni podstawowych (oraz 2 rezerwowych) ustalono

w wyniku 45-dobowego pompowania zespołowego oraz przez interpretację parametrów warstwy hydrogeologicznej i prognozy eksploatacji metodą Hantusha i zaproponowano w kategorii B ilość 1150 m³/h przy krótszym promieniu eliptycznym obszaru zasilania warstwy R=3430 m, tj. przy powierzchni obszaru zasobowego około 72 km². Łączna ilość zasobów eksploatacyjnych ujęcia osiągnęła 1747 m³/h.

W 1993 r. na zlecenie Miejskich Wodociągów i Kanalizacji w Bydgoszczy Sp. z o.o. w Przedsiębiorstwie Geologicznym Proxima S.A. we Wrocławiu, Oddział w Poznaniu opracowano dokumentację zawierającą ustalenie zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych ujęcia komunalnego Las Gdański na tle ujęć w rejonie Bydgoszczy, na podstawie optymalizacji zasilania poziomów wodonośnych w utworach czwartorzędu, trzeciorzędu i dolnej kredy na modelu matematycznym (Dąbrowski i in., 1993).

Jednocześnie na terenie Bydgoszczy wnioskowano o ograniczenie poboru wody z poziomu kredowego głównie na obszarze Fordonu, gdzie zaobserwowano wzrost zasolenia wody, a studnie kredowe były eksploatowane na cele przemysłowe. Postulowano anulowanie wydanych do 1992 r. decyzji zasobowych w kategorii B w ilości 9917 m³/h jako nie mających uzasadnienia w realnych możliwościach eksploatacyjnych wszystkich warstw wodonośnych i o ograniczenie wydawania pozwoleń wodnoprawnych do ilości wówczas niezbędnej na cele komunalne i przemysłu spożywczego.

Tabela 6.5.6. Prognozowane wydatki i depresje w ocenach zasobowych (P) przy istniejącej eksploatacji (E) ujęcia dolnokredowego Las Gdański i w rejonie Bydgoszczy w poziomach kredowych i miocenijskim

Prognoza Eksploatacja Rok		Rejon Bydgoszczy				Ujęcie Las Gdański			
		poziomy kredowe		poziom miocenijski		poziom dolnokredowy			liczba studni
		Q [m ³ /h]	S [m] H [m n.p.m.]	Q [m ³ /h]	S [m] H [m n.p.m.]	Q [m ³ /h]	S [m] H [m n.p.m.]	F [km ²]	
1965	P	–	–	–	–	240,0	4,0–7,0	38,63	14 studni (metoda analityczna, zasoby dynamiczne)
	E	–	–	–	–				
1979	P	–	–	–	–	1150,0	21,0–79,0	72,00	5 studni (pompowanie zespołowe, prognoza hydrodynamiczna)
	E	–	–	–	–				
1993	P	1770,0	<u>8,7–38,5</u> –3,4–25,7	864,0	<u>3,2–32,1</u> 20,2–31,7	1150,0	<u>12,9–30,7</u> (–3,4–13,4)	234,0	Badania modelowe 14 studni
	E	1653,0		858,3		1091,0	<u>22,5–17,52</u> (22,5–31,0)		
1999	P	2579,0	<u>5,4–31,8</u> 9,0–51,3	930,0	<u>0,8–21,7</u> 1,0–34,6	1550,0	<u>22,5–31,8</u> (–7,3–9,3)	810,0	Badania modelowe 14 studni
	E	801,6		538,6		702,3	<u>16,0–31,5</u> (18,8–34,6)		

Depresje „S” podano względem stanu zwierciadła wody z lat 1958–1960) tj. ok. 50 m n.p.m. W nawiasach podano rzędną z obniżenia rejonowego w studniach wg badań modelowych

Zasoby eksploatacyjne rejonu Bydgoszczy dla powierzchni $F = 234 \text{ km}^2$ ustalone na podstawie badań modelowych wynosiły $4,043 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $0,8\text{--}47,4 \text{ m}$ i przy rejonowym obniżeniu zwierciadła wody w przedziale $-3,4 - + 61,3 \text{ m n.p.m.}$, z czego $1770 \text{ m}^3/\text{h}$ z piętra trzeciorzędowo-kredowego (decyzja Ministra Środowiska nr KDH/013/5798/94 z dnia 7 listopada 1994 r.). Dla ujęcia Las Gdański zasoby te wyniosły: $80 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $s = 2,0\text{--}2,2 \text{ m}$ z poziomu gruntowego, $Q = 195 \text{ m}^3/\text{h}$, przy $s = 4,4\text{--}8,3 \text{ m}$ z poziomu doliny kopalnej oraz $Q = 1150 \text{ m}^3/\text{h}$ i $s = 12,5\text{--}30,7 \text{ m}$ z piętra trzeciorzędowo-kredowego. Pobór wód w 1992 r. w rejonie Bydgoszczy wynosił ze wszystkich poziomów $3016 \text{ m}^3/\text{h}$, w tym Las Gdański $80 \text{ m}^3/\text{h}$ – lewar, $195 \text{ m}^3/\text{h}$ – dolina kopalna, $1091 \text{ m}^3/\text{h}$ – ujęcia trzeciorzędowo-kredowe. Dokumentacja ta przewidywała możliwość zwiększenia poborów z ujęcia kredowego do wydajności $1550 \text{ m}^3/\text{h}$ (wg prognozy modelowej).

Po przeprowadzeniu badań hydrogeologicznych związanych z odwierceniem otworu badawczego PK1, otworów studziennych 11M–14M ujmujących poziom dolnokredowy, ustaleniem wieku dolnokredowego ujęcia, dotąd traktowanego jako trzeciorzędowe w Lesie Gdańskim, zaktualizowaniem poborów i potrzeb na wodę w rejonie Bydgoszczy i wykonaniem nowego rozszerzonego modelu matematycznego o powierzchni 2019 km^2 firma Hydroconsult Sp. z o.o. z Poznania opracowała dokumentację aktualizującą zasoby eksploatacyjne z 1993 r. (Dąbrowski i in., 1999). Zaproponowano w niej obecnie obowiązujący podział zasobów eksploatacyjnych rejonu Bydgoszczy w ilości $4423 \text{ m}^3/\text{h}$ przy rzędnych obniżenia $-4,7\text{--}61,5 \text{ m n.p.m.}$, w tym:

- z utworów czwartorzędowych: $914 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $H = 19,8\text{--}61,5 \text{ m n.p.m.}$ i przy obniżeniu rejonowym $1,1\text{--}18,7 \text{ m}$ i w studniach $s = 2,4\text{--}23,9 \text{ m}$ dla 20 ujęć z obszaru 235 km^2 ;
- z utworów trzeciorzędowych: $930 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $H = 21,9\text{--}58,6 \text{ m n.p.m.}$ i przy obniżeniu rejonowym $0,8\text{--}21,7 \text{ m}$ i w studniach $s = 1,0\text{--}34,6 \text{ m}$ dla 53 ujęć z obszaru 659 km^2 ;
- z utworów kredy dolnej: $2579 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $H = -4,7\text{--}32,8 \text{ m n.p.m.}$ i przy obniżeniu rejonowym $5,4\text{--}31,8 \text{ m}$ i w studniach $s = 9,0\text{--}51,3 \text{ m}$ dla 14 ujęć z obszaru 810 km^2 ; w tym dla ujęcia Las Gdański w ilości $1825 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $H = -4,7\text{--}27,7 \text{ m n.p.m.}$ i przy obniżeniu rejonowym $2,9\text{--}31,8 \text{ m}$ i w studniach $s = 19,9\text{--}51,3 \text{ m}$;
- z utworów czwartorzędowych: $275 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $H = 24,6\text{--}25,7 \text{ m n.p.m.}$ i przy obniżeniu rejonowym $2,9\text{--}3,1 \text{ m}$ i w studniach $s = 19,9\text{--}23,8 \text{ m}$;
- z utworów kredy dolnej: $1\,550 \text{ m}^3/\text{h}$ przy $H = -4,7\text{--}9,3 \text{ m n.p.m.}$ i przy obniżeniu rejonowym $24,3\text{--}31,8 \text{ m}$ i w studniach $s = 32,5\text{--}51,3 \text{ m}$ (obniżenia w studni 5M – zlikwidowana, 5Mz depresja ok. 12 m).

Zasoby zostały przyjęte decyzją wojewody kujawsko-pomorskiego nr OS.I.7441/12/95/00 z dnia 15 czerwca 2000 r. Dla projektowanej eksploatacji ujęcia dolnokredowego w ilości $1550 \text{ m}^3/\text{h}$ opracowano prognozę zmian jakości wód w zakresie parametrów będących wskaźnikami zagrożenia, tj.: mineralizacji, zawartości chlorków, siarczanów, związków żelaza i manganu oraz utlenialności. Podstawą prognozy były wyniki badań tych parametrów z dotychczasowej eksploatacji, stwierdzono, że zasilanie poziomu występuje z przesączania się wód z nadległych poziomów kenozoicznych o dobrej jakości (przyjęto 95%), a zasilanie z wód wgłęb-

nych może wynieść 5% przy mineralizacji 3 i 5 g/l. Wyniki prognozy przedstawiono w tabeli 6.5.4.

Pobór wód w rejonie Bydgoszczy w 1998 r. wynosił 1645,8 m³/h, w tym 801,6 m³/h z poziomu dolnokredowego, i był mniejszy o 46% względem 1992 r. Pobór wód na ujęciu Las Gdański wynosił 879,5 m³/h, z czego 702,3 m³/h z poziomu dolnokredowego i 177,2 m³/h z poziomu plejstoceniowego. Rzędne obniżenia rejonowego wyniosły: Lewar III 46,6–47,3 m n.p.m., dolina kopalna 43,3–44,5 m n.p.m., dolna kreda 18,8–32,4 m n.p.m. Wydatek ujęcia w ostatnich 10 latach przy likwidacji Lewara III w 2003 r. wahał się w granicach od 647,6 do 1514 m³/h, a z kredy dolnej od 537 do 1319,4 m³/h i nigdy nie osiągnął wielkości zasobów eksploatacyjnych.

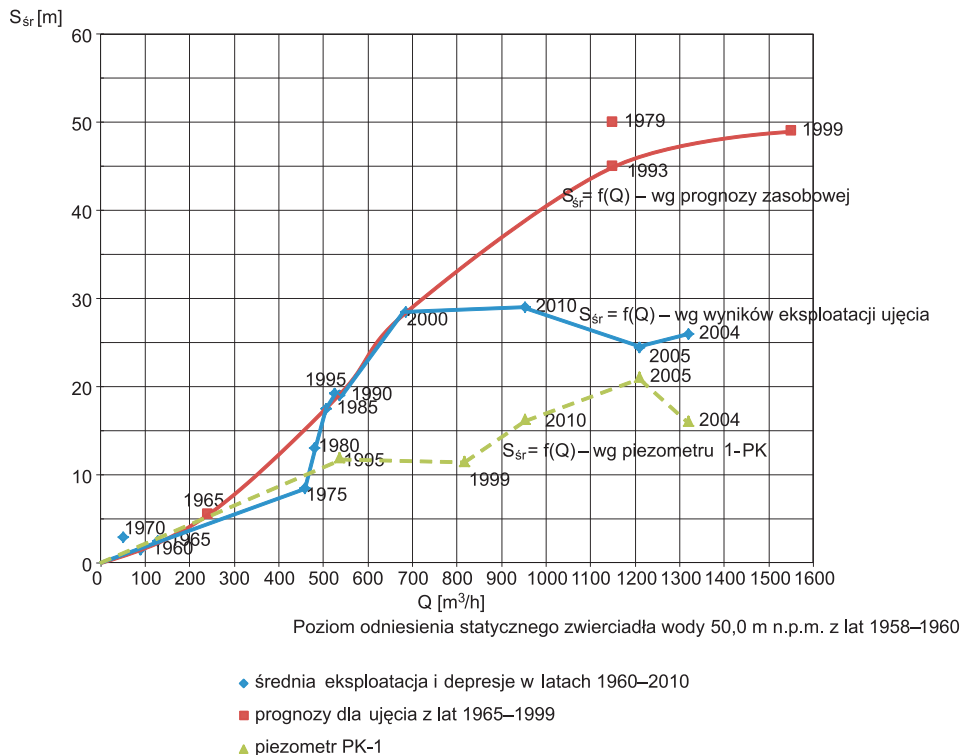
Ocena trafności prognoz eksploatacyjnych

Pierwszą prognozę modelową zasobową z 1965 r. należy uznać za trafioną, gdyż bazowała na wynikach dotychczasowej eksploatacji i analizie bilansu zasilania. W związku ze wzrostem zapotrzebowania Bydgoszczy na wodę i wykonywaniem nowych studni ustalone zasoby dla poziomu dolnokredowego zdezaktualizowały się szybko, gdyż już w 1975 r. osiągnięto wydatek 450 m³/h. Kolejna prognoza zasobów zaprezentowana w dokumentacji z 1979 r. (Sierżęga, 1979) bazowała już na wynikach 10-letniej obserwacji eksploatacji ujęcia trzeciorzędowego (kredowego), pompowaniu zespołowym oraz przy analizie hydrodynamicznej opartej na wynikach badań filtracji nieustalonej. W zakresie ilościowym prognoza ta nie uwzględniała przesączania się wód z poziomów nadległych czwartorzędowego i miocenu do poziomu „paleogeńskiego” w obrębie uformowanego leja depresyjnego o powierzchni 72 km² w oparciu o schemat hydrodynamiczny Hantusha. Mankamentem tej prognozy było nieuwzględnienie współdziałania ujęcia z innymi ujęciami Bydgoszczy, bazującymi na poziomach sąsiadujących. Mimo powyższego prognoza ta cechowała się dość wysokim poziomem wiarygodności dla przyjętego schematu eksploataowanej warstwy nieograniczonej z przesączania się wód z poziomów nadległych.

W 1988 r. przystąpiono do kompleksowej oceny zasobów eksploatacyjnych rejonu Bydgoszczy ze wszystkich poziomów wód zwykłych, mimo że eksploatacja ujęcia nie osiągnęła wielkości prognozowanych zasobów. Powodem powyższego był zaobserwowany szybki wzrost poborów wody z poziomów trzeciorzędowych i kredy fordońskiej przy obniżaniu się zwierciadła wód w tych poziomach oraz czwartorzędowych. Kompleksowa inwentaryzacja ujęć, aktualnej eksploatacji, potrzeb na wodę oraz opracowanie warunków hydrogeologicznych i modelu matematycznego dla rejonu Bydgoszczy pozwoliło określić odnawialność poziomów wodonośnych oraz współdziałanie z innymi ujęciami, a także dokonać zoptymalizowanej oceny zasobów eksploatacyjnych w kategorii B w wielkości 4023 m³/h dla obszaru zasobowego 234 km² i stwierdzić możliwość rozbudowy ujęcia dolnokredowego Las Gdański do wydatku 1550 m³/h. Prognoza ta w zakresie wielkości zasobów dla poziomu dolnokredowego i poziomu mioceniowego potwierdzona była w dużej mierze eksploatacją ujęć, w tym ujęcia Las Gdański w ilości 1091 m³/h, lecz nie osiągnęła ona wielkości zasobów eksploatacyjnych.

Kolejna prognoza zasobowa z 1999 r. bazująca na dużym regionalnym modelu matematycznym o powierzchni 2019 km², dla układu krążenia wód zwykłych w utworach kenozoicznych i kredowych, po jednoznacznym ustaleniu wieku zbiornika dolnokredowego Las Gdański oraz weryfikacji potrzeb na wodę w rejonie, pozwoliła określić współdziałanie między poziomami, obszary zasilania ujęć oraz wykonać prognozę w zakresie jakości wód dla dużego wglębnego ujęcia wód przy eksploatacji 1550 m³/h. Powyższa prognoza zasobowa potwierdziła w całym zakresie ustalenia prognozy z 1993 r. przy ocenie obszaru zasilania 14 ujęć dolnokredowych z terenu o powierzchni 810 km² z rozdziałem na ujęcie Las Gdański i kredę fordońską (rys. 6.5.5), przy prognozie jakości wody w zakresie wskaźników fizyko-chemicznych związanych z ascencją wód zasolonych z podłoża. Prognozę tę realizowano już przy zmniejszonych poborach wód w rejonie Bydgoszczy, jak również ujęcia Las Gdański, która to tendencja zarysowała się po 1993 r. Prognozowana eksploatacja nie została osiągnięta do tej pory. Najwyższy wydatek ujęcie kredowe Las Gdański osiągnęło w 2004 r. w wielkości 1319 m³/h i aktualnie wartość ta zmniejsza się (rys. 6.5.12).

Dokumentowanie hydrogeologiczne z lat 1993–1999 oparte już na modelowaniu hydrogeologicznym, z analizą hydrogeochemiczną, badaniami geofizycznymi,



Rys. 6.5.12. Wykresy funkcji $s_{sr} = f(Q)$ dla prognoz zasobowych i wyników eksploatacji ujęcia Las Gdański z poziomu dolnokredowego w latach 1960–2010 dla bariery studni (s_{sr}) i piezometru PK-1 (s)

stratygraficznymi w celu okonturowania strefy o odpowiednich parametrach hydrogeologicznych, pozwoliło dodatkowo kompleksowo rozwiązać problem zrównoważonego gospodarowania zasobami wód podziemnych w rejonie Bydgoszczy w zakresie ilości i jakości wody. Wyniki tych analiz zostały też wykorzystane dla odpowiedniego zaprojektowania stref ochronnych w 1993 r.

Eksploatacja ujęcia Las Gdański nie doprowadziła do wytworzenia prognozowanego obniżenia rejonowego poniżej poziomu morza – wieloletnie pomiary w studniach wykazały depresję rejonową do poziomu około +22 m n.p.m. zamiast prognozowanej -4,7–9,3 m n.p.m. Prognozy eksploatacyjne były mniej korzystne niż wyniki obserwacji po rozbudowie ujęcia. Powyższe wynika przede wszystkim ze zmniejszonego poboru wody w stosunku do prognozy na ujęciu Las Gdański oraz w całym rejonie Bydgoszczy z poziomu kredowego i miocénskiego. Pobory te są niższe o około 50% od wielkości prognozowanych. Monitoring jakości ujęcia Las Gdański nie wykazuje tendencji wzrostu zawartości chlorków, siarczanów i mineralizacji, a co jest zgodne z prognozą z 1999 r.

Weryfikacja prognoz eksploatacyjnych z 1999 r. w przyszłości musi być oparta na aktualizacji modelu hydrogeologicznego i matematycznego z uwzględnieniem aktualnego rozpoznania, danych o eksploatacji ujęć przemysłowych, analizach hydrogeochemicznych, co wymaga dalszych obserwacji oraz poszerzenia sieci monitoringowej w warstwie dolnokredowej.

Ocena wpływu ujęcia na środowisko

Ubocznym efektem długoletniej eksploatacji ujęcia Las Gdański przy intensywnym poborze wody na terenie Bydgoszczy (w 2000 r. było jeszcze czynnych 87 ujęć przemysłowych) jest znaczne obniżenie poziomu wody gruntowej w rejonie północnych dzielnic mieszkaniowych oraz likwidacja samowypływów warstw wgłębnych czwartorzędu w zasięgu ponad 6 km od ujęcia obserwowana na stanowisku PIG w Jagodowie.

Mając jednak na uwadze koegzystencję miasta i ujęcia, należy zauważyć, że:

- Na etapie budowy ujęcia na nieużytkach wsi Bocianowo położonych poza granicami zabudowy Bydgoszczy tereny wokół stacji zostały planowo zalesione drzewostanem sosnowym. Stan tego lasu w ciągu 100 lat eksploatacji studni poziomu gruntowego nie uległ pogorszeniu, stanowiąc istotny element ochrony jakości i ilości wody na terenie ujęcia, a czynne studnie korzystnie obniżyły zbyt wysoki dla sosn naturalny poziom wód gruntowych. Podniesienie poziomu wód gruntowych płycej niż 2 m p.p.t. w ekspertyzie leśnej uznano za nieobojętne dla kultury sosnowej. Eksploatacja poziomu dolnokredowego nie oddziałuje na drzewostan, z uwagi na wielowarstwową izolację od powierzchni terenu.
- Tereny tarasu zalewowego Brdy, z uwagi na niską klasę bonitacyjną gleb piaszczystych i zbyt wysoki stan wód gruntowych, nie nadawały się pod uprawy i budownictwo. Około 100 lat eksploatacji studni poziomu gruntowego umożliwiło lokalizację wielokondygnacyjnych budynków podpiwniczonych i dwupoziomowego skrzyżowania tras komunikacyjnych o znaczeniu strategicznym (magistrala węglowa, droga krajowa Warszawa–Gdańsk). W sąsiedztwie ujęcia

znajduje się też kilka dużych cmentarzy zbudowanych na przełomie XIX/XX w. i nieczynne wysypisko śmieci na bazie żwirowni, gdzie powrót do naturalnego stanu zwierciadła wody gruntowej jest niepożądany.

- Działania przedsiębiorstwa wodociągowego na rzecz ochrony zasobów wód podziemnych doprowadziły do odbudowy ciśnień artezyjskich w centralnej części miasta, zwłaszcza w warstwie wgłębnej plejstocenu. Powoduje to ujawnianie się starych, nieprawidłowo zlikwidowanych studni i problemy budowlane w obrębie fundamentów na obiektach młodszych niż 100 lat.
- Ze względu na ograniczanie możliwości eksploatacyjne poziomów czwartorzędowych i ich zanieczyszczenie, ujęcie Las Gdański powinno być oparte na poziomie dolnokredowym zarezerwowanym dla potrzeb komunalnych.
- Strefa ochronna ujęcia pozwoliła na utrzymanie terenów zielonych w tej części miasta, umożliwiając rekreację w Leśnym Parku Kultury i Wypoczynku.

Literatura

- Boroń M., 1999, 2000, 2001, 2005. Raport z obserwacji w lokalnej sieci monitoringowej wód podziemnych na terenie komunalnego ujęcia wody podziemnej za lata 1998–2004. MWiK Sp. z o.o., Bydgoszcz.
- Boroń M., 2000. Hydrogeologiczne aspekty 100-letniej eksploatacji komunalnego ujęcia wody podziemnej. [W:] Problemy eksploatacji ujęć wód podziemnych. Częstochowa.
- Boroń M., 2008. Projekt prac geologicznych wraz z projektem monitoringu osłonowego komunalnego ujęcia wody w Bydgoszczy oraz raportem za lata 2005–2007. MWiK Sp. z o.o., Bydgoszcz.
- Boroń M., 2010. Projekt prac geologicznych dla wykonania 4 otworów zastępczych – studni nr 1Mc, 2Mb, 3Mc, 9Mz zlokalizowanych na terenie komunalnego ujęcia wody „Las Gdański” w Bydgoszczy. MWiK sp. z o.o., Bydgoszcz.
- Dąbrowski S., 1995. Sprawozdanie z wiercenia i badań hydrogeologicznych otworu studziennego nr 11M na ujęciu komunalnym „Las Gdański” w Bydgoszczy. Hydrosevis s.c., Poznań.
- Dąbrowski S., 1997. Ocena oddziaływania na środowisko komunalnego ujęcia wody w Lesie Gdańskim w Bydgoszczy. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Dąbrowski S., Hercka A., Rynarzewski W., 1993. Optymalizacja zasobów wód podziemnych ujęcia komunalnego na tle ujęć w rejonie Bydgoszczy oraz ustalenie stref ochronnych ujęcia „Las Gdański”. PG we Wrocławiu PROXIMA S.A., Oddział w Poznaniu.
- Dąbrowski S., Rynarzewski W., Paździorna L., 1999. Aneks do dokumentacji geologicznej z 1993 r. pt. „Optymalizacja zasobów wód podziemnych” zawierający ustalenie zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędowych i kredowych. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- Galon R., 1972. Geomorfologia Polski. T. II. PWN, Warszawa.
- Górski C., 1952. Założenia projektu na rozbudowę wodociągu w Bydgoszczy. Centralne Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Komunalnego. Oddział w Gdańsku.
- Kazimierski B., Przytuła E., 1995. Interpretacja wyników badań chemizmu wód podziemnych oraz projekt monitoringu lokalnego dla ujęcia „Las Gdański” w Bydgoszczy. PiG, Warszawa.
- Kleczkowski A., 1998. Główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) w Polsce – własności hydrogeologiczne, jakość wód, badania modelowe. Wyd. AGH, Kraków.
- Marek S., Leszczyński K., 1994. Mapa geologiczna (bez utworów kenozoiku) w rejonie Bydgoszczy. 1:100 000. PiG, Warszawa.

- Mikuła E., 2009. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej zawierający ustalenie zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych rejonu Bydgoszczy – studnia zastępcza 5Mz. Hydropol Sp. z o.o., Łódź.
- Paczyński B. i in., 1994. Projekt badań hydrogeologicznych dla rozbudowy wodociągu komunalnego „Las Gdański” w zakresie ujęcia wód poziomemu kredowego. PIG, Warszawa.
- Płutniak B., 1991. Dokumentacja hydrogeologiczna wraz z ustaleniem zasobów eksploatacyjnych w kat. B ujęć z osadów kredowych w Bydgoszczy. Kombinat Geologiczny „Północ”, Zakład w Gdańsku.
- Razowska L., 1999. Wskaźniki hydrochemiczne – mało przydatne czy niedoceniane. Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. IX.
- Sierżęga P., 1979. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych wraz z ustaleniem zasobów eksploatacyjnych w kategorii B i A z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych ujęcia SW-1 w Bydgoszczy. Kombinat Geologiczny „Północ”, Zakład w Gdańsku.
- Stefański A., 1994. Sprawozdanie z wyników wiercenia i badań otworu poszukiwawczego piezometru PK-1 w m. Bydgoszcz-Fordon. Bydgoszcz.
- Wójcicka T., 1965. Dokumentacja hydrogeologiczna wraz z ustaleniem zasobów eksploatacyjnych w kategorii „A” z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych ujęcia miejskiego „Bocianowo” w Bydgoszczy. PH w Gdańsku.

7. UJĘCIA WÓD PODZIEMNYCH W PROWINCJI HYDROGEOLOGICZNEJ WYŻYNNO-GÓRSKIEJ

7.1. Ujęcia wód podziemnych w jurajskim masywie kujawskim

7.1.1. Ujęcie wód podziemnych Graniczna dla Kutna

Mariusz Mikołajczyk, Jan Przybyłek

Wstęp

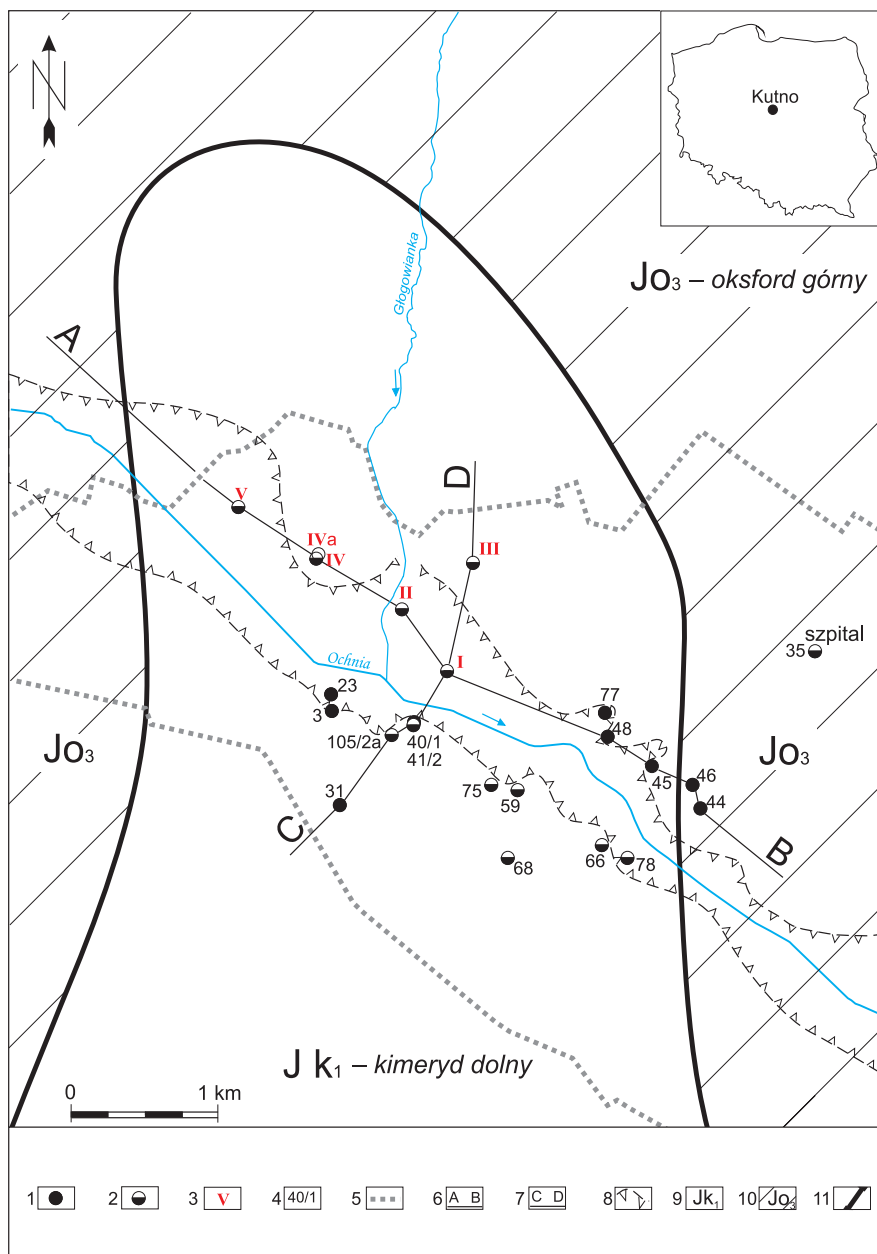
Ujęcie Graniczna zlokalizowane jest na północno-zachodnich rubieżach miasta Kutna. Do eksploatacji wykorzystywane są wody podziemne z utworów jury górnej, pozostające w bezpośrednim kontakcie z wodami występującymi w osadach czwartorzędu, wypełniających dolinę rzeki Ochni. Ujęcie funkcjonuje nieprzerwanie od ponad 40 lat, a aktualny pobór wody stanowi około 30% zasobów eksploatacyjnych ujęć w rejonie miasta Kutna zatwierdzonych w 1974 r. w wysokości 1020 m³/h przy depresji 7,5 m (Pawlak, Batolik, 1973). Ujęcie Graniczna stanowi zasadnicze źródło zaopatrzenia w wodę dla miasta, a gospodarkę wodno-ściekową realizuje Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Kutnie. Władze spółki stanowi gmina miejska Kutno.

Lokalizacja i informacje podstawowe

Ujęcie znajduje się w obrębie Równiny Kutnowskiej, która jako mezoregion zaliczana jest do makroregionu Niziny Środkowomazowieckiej (Kondracki, 2000). Dominująca w krajobrazie geomorfologicznym tego obszaru jest wysoczyzna morenowa, porożciniana dolinami rzecznyymi Ochni i Głogowianki oraz ich dopływami.

Wedle podziału regionalnego słodkich wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007) ujęcie umiejscowione jest w prowincji wyżynnej i przynależy do regionu kutnowskiego (wg jednostek hydrogeologicznych) oraz prowincji Wisły, w jej regionie środkowym i subregionie nizinym (wg jednostek JCWPd). Region kutnowski charakteryzuje się występowaniem utworów jury górnej (oksfordu górnego oraz kimerydu dolnego) bezpośrednio pod osadami kenozoicznymi (rys. 7.1.1).

Ujęcie zlokalizowane jest na obszarze zlewni III rzędu rzeki Ochni, II rzędu Bzury i w dorzeczu Wisły (Czarnecka, red., 2005).



Rys. 7.1.1. Położenie ujęcia komunalnego Graniczna na tle przebiegu doliny rzeki Ochni (odkryta struktura hydrogeologiczna) oraz podkenozoicznych wychodni osadów jury górnej

Objaśnienia: 1 – ujęcia wody z utworów czwartorzędowych, 2 – ujęcia wody z utworów jury górnej, 3 – numer studni ujęcia komunalnego, 4 – numery studni innych ujęć/numer lokalny, 5 – granica miasta, 6, 7 – linie przekrojów, 8 – dolina Ochni, 9 – utwory kimerydu dolnego o lepszej wodonośności $k_{st}=13,1$ [m/d], 10 – utwory oksfordu o gorszej wodonośności $k_{st}=3,4$ [m/d], 11 – granica stratygraficzna

Przedstawienie problematyki eksploatacyjnej i badawczej

Ujęcie Graniczna wykorzystuje wody nagromadzone w szczelinowych skałach jury górnej, które pozostają w bezpośredniej więzi hydraulicznej z wodami porowymi przemieszczającymi się w osadach doliny kopalnej i współczesnej rzeki Ochni. Specyfika opisywanego obszaru, charakteryzująca się występowaniem ośrodków wodonośnych o złożonych warunkach przepływu, wynikających ze zróżnicowanych własności filtracyjnych utworów szczelinowych i porowych, przy ograniczonej alimentacji, spowodowała określone trudności w prawidłowym bilansowaniu zasobów wodnych. Wykonywane prognozy bilansowe ustalały zasoby jedynie w aspekcie ilościowym, bez szczegółowej analizy wpływu eksploatacji ujęcia na jakość wód podziemnych. Na początku lat 60. ubiegłego wieku jakość wód z ujęcia charakteryzowała się bardzo korzystnymi parametrami fizyczno-chemicznymi. Intensywna eksploatacja wód tego piętra wodonośnego w latach 80. tych XX w. spowodowała zmianę naturalnego reżimu hydrodynamicznego oraz wyraźne pogorszenie się jakości wody, zwłaszcza w zakresie stężeń siarczanów, twardości ogólnej, żelaza i manganu. Zwiększyło się również negatywne oddziaływanie lokalnych ognisk zanieczyszczeń. Uaktywnione wówczas niekorzystne przemiany hydrogeochemiczne zostały na długo utrwalone w warstwie wodonośnej. Podstawowym zagadnieniem badawczym jest ocena metod zastosowanych do obliczenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia wody w odniesieniu do zaistniałych zmian warunków hydrodynamicznych w jego rejonie i rejestrowanych niekorzystnych przeobrażeń jakości ujmowanych wód w trakcie długoletniej eksploatacji.

Historia badań hydrogeologicznych

W latach 1959/1960 Przedsiębiorstwo Geologiczne Gospodarki Komunalnej „Południe” we Wrocławiu – Oddział Robót Wiertniczych nr 4 w Łodzi wykonało otwory rozpoznawcze (I, II i III), które następnie w 1963 r. udokumentowało Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Łodzi. Zasoby eksploatacyjne ustalono analitycznie na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych i zespołowego w wysokości 468 m³/h przy depresji 5,7–37,9 m (Świstek, 1963). Określono także zasięg leja depresji dla poszczególnych studni.

Ze względu na wzrastające zapotrzebowanie na wodę ze strony miasta i przemysłu rozpoczęto badania regionalne nad ustaleniem zasobów wód podziemnych rejonu Kutna, które w latach 1970–1974 przeprowadziło Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Łodzi. W 1970 r. opracowano „Dokumentację hydrogeologiczną ujęcia wód podziemnych z utworów jurajskich w Kutnie” z koncepcją zaopatrzenia w wodę rejonu Kutna i projektem na rozbudowę istniejącego ujęcia (Dłutowski, Batolik, 1970). W roku 1971 podjęto próbę zwymiarowania praktycznego oddziaływania ujęcia na wody podziemne przy eksploatacji odpowiadającej wielkości zatwierdzonych zasobów $Q=468 \text{ m}^3/\text{h}$ (Batolik, 1971). W trakcie przeprowadzonych prac terenowych zaobserwowano obniżanie się zwierciadła wody w okolicznych studniach kopanych i wierconych, a zweryfikowany doświadczalnie zasięg oddziaływania ujęcia okazał się większy niż wynikało to z obliczeń analitycznych.

W oparciu o projekt na rozbudowę ujęcia (Dłutowski, Batolik, 1970) Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Łodzi w latach 1971–1973 wykonało kolejne studnie nr IV i V. (Wójcik, Olczak, 1974). Badania hydrogeologiczne pozwoliły na obliczenie parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej metodą Theisa, depresji regionalnej i zasięgu leja depresji. W trakcie badań terenowych zaobserwowano również obniżanie się zwierciadła wody w okolicznych studniach kopanych.

BPBK w Łodzi w 1973 r. zakończyło prace nad ustaleniem zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych rejonu Kutna (Pawlak, Batolik, 1973), które decyzją CUG KDH/013/3556/74 z dn. 6 kwietnia 1974 r. z utworów jury górnej i czwartorzędu zostały zatwierdzone w ilości:

- kategoria C – 2000 m³/h przy depresji 14,5 m i obszarze zasobowym o powierzchni 175 km².
- kategoria B – 1020 m³/h przy depresji 7,5 m i obszarze zasobowym o powierzchni 86 km².

Ustalenie nowych zasobów eksploatacyjnych dla rejonu Kutna skutkowało anulowaniem wszystkich decyzji zasobowych wydanych dla poszczególnych ujęć.

Kolejne opracowania hydrogeologiczne dotyczyły ochrony wód ujęcia i propozycji wyznaczenia strefy ochronnej (Bierkowska, 1996) oraz określenia jej granic geologicznych z wykorzystaniem modelowania matematycznego (Pęczkowska i in., 2002). Wykonane badania modelowe odwzorowywały warunki przepływu wód w rejonie ujęcia dla aktualnego poboru, które określono w pozwoleniu wodnoprawnym.

W roku 2004 wykonano studnię zastępczą IVa (Bryła, 2004) z powodu awarii w 1996 r. studni nr IV (obsunięcie się rur obsadowych).

Warunki hydrogeologiczne

Ujęcie wykorzystuje wody ze szczelinowych skał dolnego kimerydu, w jednostce strukturalnej o charakterze lokalnej synkliny z ograniczonym dopływem bocznym do jej części osiowej, wynikającym z występowania w otoczeniu osadów oksfordu górnego o gorszej wodonośności (rys. 7.1.1–7.1.2).

Warunki hydrogeologiczne w utworach jury górnej zależą więc od wykształcenia facjalnego osadów oraz ich pozycji tektonicznej. Wodonośność warunkowana jest ponadto występowaniem sieci spękań i szczelin oraz stopniem skawernowania skał. W opisie profili wierceń otworów hydrogeologicznych dla przedstawienia skały zjawiska wodonośności, stosowano określenie „porowatości gąbczastej” (Świstek, 1963).

Z wapieni i piaskowców kimerydu dolnego (Jk₁), uzyskuje się wydajności jednostkowe w przedziale 10–50 m³/h/1 ms. Średnie wydajności studni wynoszą 135 m³/h, a współczynnik filtracji zawiera się w przedziale od 0,82 do 60,61 m/d (średnio 13,1 m/d).

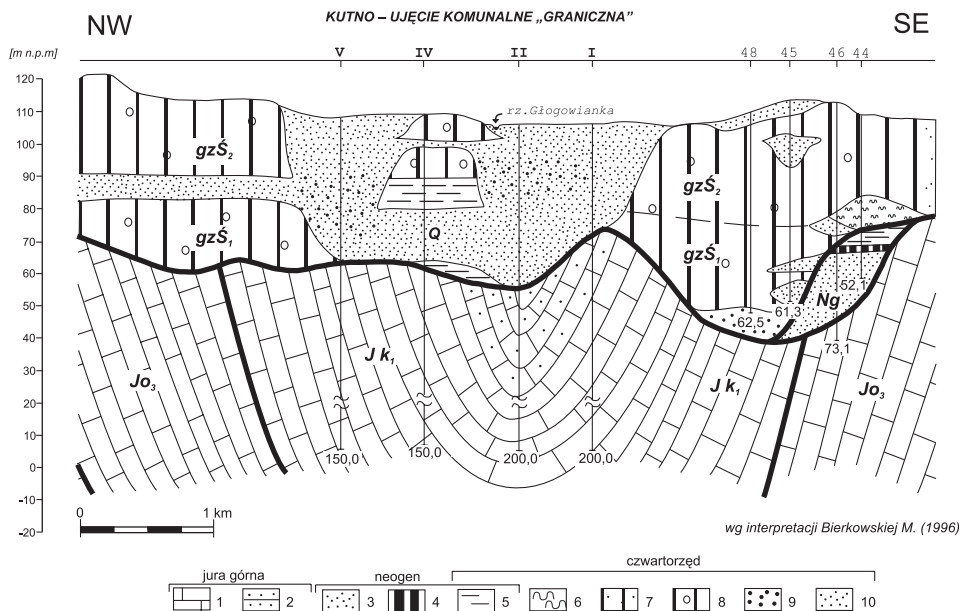
Osady stratygraficznie przynależne do wyższej części oksfordu górnego (Jo₃) wykształcone są jako wapienie oolitowe, margle i wapienie margliste. Orientacyjna miąższość tej serii wynosi 140 m. Średnie wartości współczynnika filtracji dla tych utworów wynoszą 3,43 m/d. Lokalnie osady te uznawane są za utwory niewodonośne (Strumiłło, 1975).

Utwory wodonośne jury górnej lokalnie znajdują się w więzi hydraulicznej z neogeńskimi bądź czwartorzędowymi warstwami wodonośnymi (rys. 7.1.2).

Poziom wodonośny w utworach neogenu na analizowanym obszarze ujmowany jest sporadycznie. Tworzą go drobnoziarniste i średnioziarniste piaski miocenu o miąższości zwykle nie przekraczającej 20 m. Zwierciadło wody ma charakter subartezyjski. Średnie wartości współczynnika filtracji wahają się od 2,4 do 9,6 m/d, a wydajności studni wynoszą od 6 do ponad 100 m³/h.

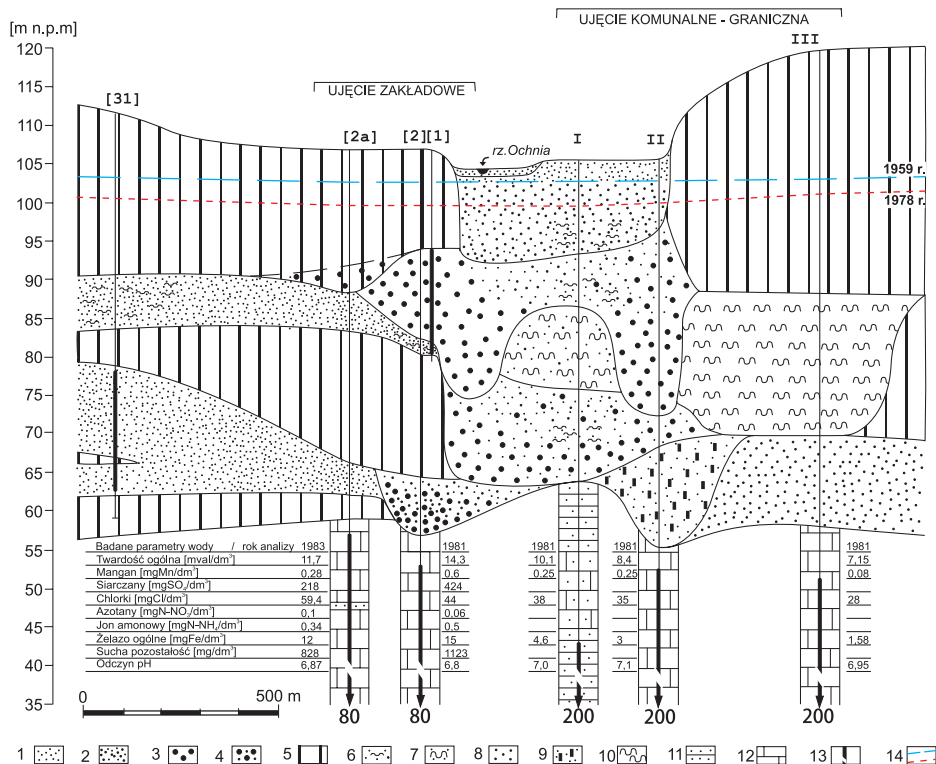
Utwory wodonośne piętra czwartorzędowego występujące w zasięgu odkrytej struktury doliny Ochni związane są głównie z osadami różnowiekowych serii piaszczysto-żwirowych, których znaczna miąższość (wynosząca przeciętnie 50–60 m) jest wynikiem sumowania się osadów kolejnych generacji dolin z okresu czwartorzędu (rys. 7.1.3). W rejonie tym zwierciadło wody zalega płytko i ma przeważnie charakter swobodny. Uzyskane na podstawie próbnych pompowań wartości współczynnika filtracji wynoszą od 1,5 do 75,0 m/d (średnio 23,2 m/d), a wydajności studni wahają się od 6 do ponad 60 m³/h. Zasilanie zbiornika dolinnego odbywa się poprzez infiltrację wód opadowych i powierzchniowych, a także drogą dopływu podziemnego z obszarów wysoczyzn pokrytych utworami fluwioglacjalnymi.

W warunkach naturalnych – niezaburzonych eksploatacją – występowanie okien hydrogeologicznych w rejonie doliny Ochni sprzyjało wyprowadzaniu wody z piętra jury górnej do rzeki Ochni poprzez płytszy lokalny system krążenia wód podziemnych struktury dolinnej w piętrze czwartorzędowym (rys. 7.1.4a), co obrazuje mapa hydroizohips na rysunku 7.1.5. W warunkach wymuszonych eksplo-



Rys. 7.1.2. Przekrój geologiczny A–B wzdłuż lewego brzegu doliny rzeki Ochni

Objaśnienia: 1 – wapień, 2 – piaskowce, 3 – piaski, 4 – węgiel brunatny, 5 – iły, 6 – mulki, 7 – glina piaszczysta, 8 – glina, 9 – żwiry, 10 – piaski różnoziarniste, Q – czwartorzęd, gzS₁ – gliny zwałowe stadiału odry, gzS₂ – gliny zwałowe stadiału warty, Ng – neogen, Jk₁ – kimeryd dolny, Jo₃ – oksford górny



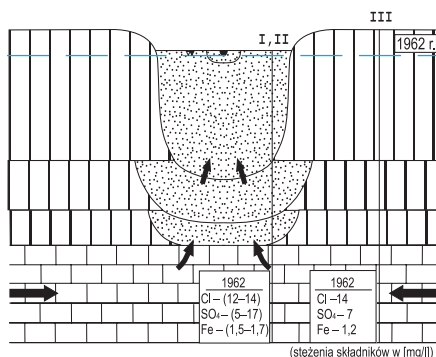
Rys. 7.1.3. Przekrój hydrogeologiczny C-D przez dolinę rzeki Ochnia

Objaśnienia: 1 – piasek drobny, 2 – piasek różnoziarnisty, 3 – żwir, 4 – pospółka, 5 – glina zwałowa, 6 – piasek średni i pyławy, 7 – piasek różny z mułem, 8 – piasek średni, 9 – piasek drobny z węglem brunatnym, 10 – muł, 11 – piaskowiec, 12 – wapień, 13 – aktywne strefy dopływu wody od cinka bezzurkowego studnia, 14 – depresje rejonowe

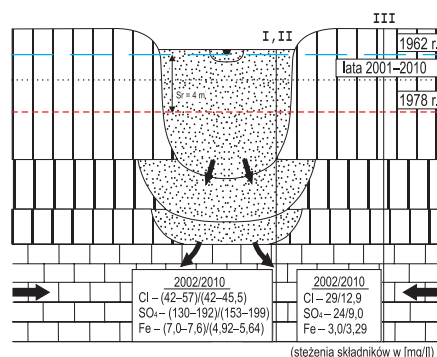
WARUNKI KRAŻENIA WÓD

schemat ideowy

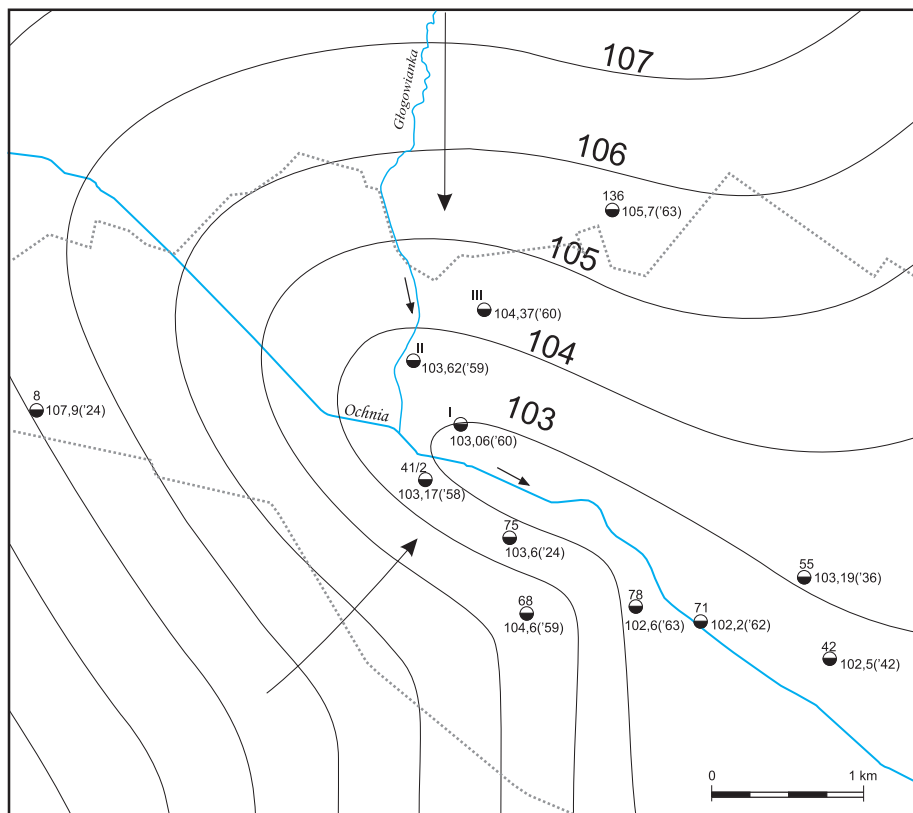
A) WARUNKI NATURALNE



B) WPŁYW EKSPLOATACJI



Rys. 7.1.4. Modele warunków krążenia wód podziemnych ilustrujące zmiany ich jakości pod wpływem eksploatacji ujęcia komunalnego w Kutnie



Rys. 7.1.5. Hydroizohipsy zwierciadła wody piętra jury górnej na podstawie danych archiwalnych z lata 1924–1963 przed uruchomieniem ujęcia komunalnego

atacją układ krążenia wód podziemnych uległ odwróceniu i wody z piętra czwartorzędowego zasilają w zmienionych warunkach hydrodynamicznych piętro jurajskie (rys. 7.1.4b).

Zasilanie piętra wodonośnego jury górnej odbywa się na drodze ograniczonego dopływu ze stref głębokiego krążenia i przesączania z nadległych poziomów wodonośnych.

Opis ujęcia

Ujęcie Graniczna składa się z 5 studni wierconych o głębokości od 150 do 200 m, stacji uzdatniania i urządzeń do przesyłania wody. Do początku lat 70. XX w. na ujęciu istniały trzy studnie (nr I, II i III) wykonane w latach 1959–1960. W okresie późniejszym 1971–1973 wybudowano stację uzdatniania wody i następne dwie studnie (nr IV i V). Z powodu obsunięcia się rur obsadowych w 1996 r. studnia nr IV została wyłączona z eksploatacji. W roku 2004 wykonano studnię zastępczą IVa (Bryła 2004).

Tabela 7.1.1. Charakterystyka wybranych parametrów hydrogeologicznych studni ujęcia Graniczna wykorzystujących wody z utworów jury górnej (dolnego kimerydu)

Numer studni	Głębokość studni [m]	Miaższość warstwy wodonośnej [m]	Przelot warstwy wodonośnej od-do [m]	Długość odcinka niezarurowanego [m]	Współczynnik filtracji k [m/d]	Wydajność studni Q [m³/h]	Depresja w studni s [m]	Wydajność jednostkowa q [m³/h/1ms]
I	200	> 158,5	41,5–200	136,6	2,99	206,96	10,0	20,7
II	200	> 151,0	49,0–200	148,0	3,59	168,69	4,9	34,4
III	200	> 139,2	60,8–200	130,0	0,82	62,31	22,6	2,8
IV	150	> 101,5	48,5–150	97,5	8,25	240,29	10,53	22,8
IVa	150	> 100,0	50,0–150	95,0	7,47	232,25	10,34	22,5
V	150	> 100,0	50,0–150	94,1	8,25	251,78	7,03	35,8

Konstrukcja typowej studni ujęcia składa się z rur obsadowych średnicy 16''–18'' posadowionych od 2,5 m do 9,2 m (21,9 m – st. I) poniżej stropu osadów jury górnej oraz odcinka bezrurowego średnicy 14''–16'' do głębokości 150–200 m. Wszystkie otwory studzienne mają wyznaczoną, ogrodzoną i oznakowaną strefę ochrony bezpośredniej. Ujęcie nie ma ustanowionej strefy ochrony pośredniej.

Charakterystykę wybranych parametrów hydrogeologicznych eksploatowanego piętra wodonośnego przedstawiono w tabeli 7.1.1.

Woda surowa pobierana jest ze studni systemem zmianowym i przesyłana do stacji uzdatniania, gdzie po wstępnym natlenieniu i odgazowaniu poddawana jest zasadniczemu procesowi odżelaziania i odmanganiania. Woda po uzdatnieniu i chlorowaniu ze zbiorników magazynujących (wyrównawczych) jest wprowadzana do sieci wodociągowej, ułożonej w systemie pierścieniowym i częściowo promienistym. Woda tłoczona jest do sieci magistralnej (średnica 400–500 mm) i dalej poprzez sieć rozdzielczą oraz przyłącza jest dostarczana do odbiorców. Jakość wody surowej i uzdatnionej w zakresie badań fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych systematycznie kontroluje zakładowe laboratorium w cyklach miesięcznych. Raz na kwartał monitorowane są stany dynamicznego i statycznego położenia zwierciadła wody.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

W 1963 r. zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono analitycznie na podstawie wyników prac przeprowadzonych w trakcie próbnych pompowań indywidualnych (2 tygodnie) i zespołowego (1 miesiąc) – tab. 7.1.2 (Świstek, 1963). Zostały one zatwierdzone przez CUG decyzją KDH/1180/R/2332/63 z dnia 12 lipca 1963 r. w ilości 468 m³/h przy depresji od 5,7 m do 37,9 m. Przeprowadzone w trakcie pompowań obserwacje wykazały, że wzajemne oddziaływanie zachodzi jedynie pomiędzy otworem I i II. W czasie pompowania otworu I z wydajnością $Q = 206,95 \text{ m}^3/\text{h}$ obniżenie zwierciadła wody w otworze II wynosiło 0,90 m, natomiast w sytuacji odwrotnej, przy wydajności $Q = 168,69 \text{ m}^3/\text{h}$, zarejestrowano w otworze I wielkość obniżenia równą 0,40 m.

Słabsze parametry filtracyjne, jakie stwierdzono w otworze nr III, oraz brak reakcji na pompowanie otworów nr I i II dowodzą ograniczenia podstawowego zasięgu

Tabela 7.1.2. Wyniki pompowań indywidualnych oraz pompowania zespołowego

Numer studni	Pompowanie indywidualne			Pompowanie zespołowe		
	wydajność [m ³ /h]	depresja [m]	wydajność jednostkowa [m ³ /h/m]	wydajność [m ³ /h]	depresja [m]	wydajność jednostkowa [m ³ /h/m]
I	Q _{1i} = 60,048	S _{1i} = 4,2	q _{1i} = 14,29	Q _{1z} = 62,31	S _{1z} = 2,8	q _{1z} = 22,25
	Q _{2i} = 142,80	S _{2i} = 8,2	q _{2i} = 17,34	Q _{2z} = 138,85	S _{2z} = 7,25	q _{2z} = 19,15
	Q _{3i} = 206,95	S _{3i} = 10,0	q _{3i} = 20,69	Q _{3z} = 206,95	S _{3z} = 11,0	q _{3z} = 18,91
	k _{gr i} = 0,0000347 m/s (3,00 m ³ /d)			k _{gr z} = 0,00003421 m/s (2,95 m ³ /d)		
II	Q _{1i} = 54,96	S _{1i} = 2,0	q _{1i} = 27,48	Q _{1z} = 96,65	S _{1z} = 2,90	q _{1z} = 33,25
	Q _{2i} = 110,05	S _{2i} = 3,3	q _{2i} = 33,35	Q _{2z} = 168,69	S _{2z} = 5,20	q _{2z} = 32,43
	Q _{3i} = 168,69	S _{3i} = 4,9	q _{3i} = 34,41	Q _{3z} = 184,75	S _{3z} = 5,70	q _{3z} = 32,41
	k _{gr i} = 0,00004162 m/s (3,59 m ³ /d)			k _{gr z} = 0,0000471 m/s (4,07 m ³ /d)		
III	Q _{1i} = 38,40	S _{1i} = 9,30	q _{1i} = 4,13	Q _{1z} = 32,70	S _{1z} = 7,10	q _{1z} = 3,60
	Q _{2i} = 49,80	S _{2i} = 17,60	q _{2i} = 2,80	Q _{2z} = 62,31	S _{2z} = 24,60	q _{2z} = 2,53
	Q _{3i} = 62,31	S _{3i} = 22,60	q _{3i} = 2,757	Q _{3z} = 76,34	S _{3z} = 39,70	q _{3z} = 1,93
	k _{gr i} = 0,00000938 m/s (0,80 m ³ /d)			k _{gr z} = 0,000008633 m/s (0,74 m ³ /d)		

gu systemu szczelin masywu skalnego do strefy doliny Ochni. Występowanie uprzywilejowanych dróg przepływu w strefie doliny, które decydują o wysokiej wodoności, potwierdzają także zdecydowanie większe wydajności jednostkowe studni zlokalizowanych w strefie dolinnej (otwory I i II) w porównaniu do wartości, jakie uzyskano dla otworu nr III, zlokalizowanego w strefie wysoczyznowej (tab. 7.1.2). Złożoność warunków krążenia w rejonie ujęcia decydowała o niskiej wiarygodności wyników zastosowanych formuł obliczeniowych. Obliczony analitycznie zasięg leja depresji zarówno dla wariantu traktującego wody jury górnej jako swobodne, jak i w drugim wariancie jako napięte nie odpowiadał rzeczywistości.

Zasięg ten określano wówczas na zasadzie zależności trygonometrycznej (rys. 7.1.6), opisanej funkcją:

$$R = \operatorname{tg} \alpha \cdot C, \text{ przy założeniu } \operatorname{tg} \alpha = b/d$$

gdzie: R – szukany zasięg leja depresji,

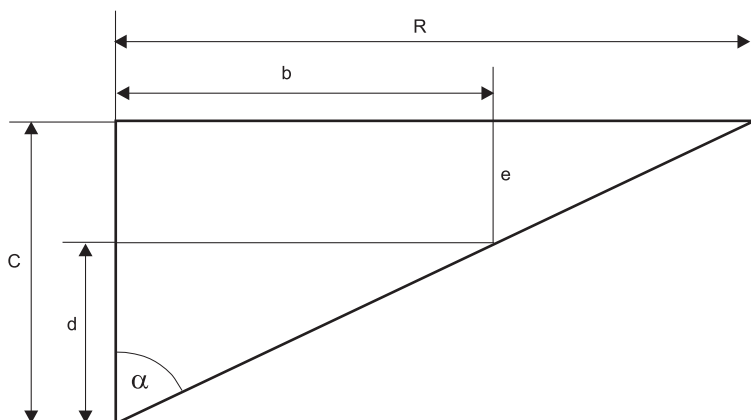
b – odległość między otworem pompowanym a obserwowanym,

C – wielkość depresji w otworze pompowanym,

e – wielkość depresji w otworze obserwowanym,

d – różnica wartości pomiędzy depresją w otworze pompowanym i obserwowanym.

Na tym etapie rozpoznawania warunków hydrogeologicznych w rejonie ujęcia nie przedstawiono prognozy zmian jakości wody podziemnej, ponieważ nie przyjęto w założeniach obliczeniowych możliwości dopływu wód z utworów czwartorzędowych do piętra jury górnej w warunkach leja depresji. Wzmoczone zapotrzebowanie na wodę ze strony ludności i przemysłu zrodziło konieczność weryfikacji



Rys. 7.1.6. Schemat do obliczeń trygonometrycznych zasięgu leja depresji

zasobów wód podziemnych rejonu Kutna. Badania w tym zakresie w latach 1970–1973 prowadziło BPBK w Łodzi. W 1973 r. opracowano „Dokumentację hydrogeologiczną ujęcia wód podziemnych z utworów jurajskich w Kutnie” (Dłutowski, Batolik, 1970). Zasoby dynamiczne wód podziemnych ustalono na podstawie szacunkowych obliczeń analitycznych z wykorzystaniem mapy hydroizohips i wzoru Darcy’ego $Q = F \cdot k \cdot I$ (Turek, 1971) dla części północnej rejonu (w której znajduje się ujęcie Graniczna) w ilości $Q_{dyn} = 681,3 \text{ m}^3/\text{h}$ i części południowej $Q_{dyn} = 5581,8 \text{ m}^3/\text{h}$ (?). W rejonie samego ujęcia zasoby dynamiczne oszacowano metodą „wielkiej studni” z wyliczeniem jej promienia z powierzchni pola trójkąta, którego wierzchołki wyznaczały studnie I, II i III. Obliczono całkowity zasięg leja depresji, dodając obliczony promień wielkiej studni do promienia leja depresji wyliczonego z wzoru Kusakina (Turek, 1971). Wyliczono moduł jednostkowy dopływu podziemnego, dzieląc udokumentowane zasoby eksploatacyjne ($468 \text{ m}^3/\text{h}$) przez podwojony zasięg leja depresji i uznając ten zasięg za równoważny frontowi dopływu wód do ujęcia. Następnie według formuły Butowa-Płotnikowa (Turek, 1971) obliczono zasoby dynamiczne w rejonie ujęcia dla przekroju o długości 1000 m, prostym do kierunku spływu wód.

Do obliczonych zasobów dynamicznych dostosowano wielkość zasobów eksploatacyjnych, przyjmując jako dane wejściowe średnie wydatki jednostkowe studni I, II, III i projektowanej IV ($q_{sr} = 17,5 \text{ m}^3/\text{h}$) oraz średnie wydajności poszczególnych studni ($Q_{sr} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$), co pozwoliło na wyliczenie średniej depresji w studni $s_{sr} = 8,5 \text{ m}$. Ostatecznie ustalono zasoby eksploatacyjne ujęcia w kategorii C w wysokości $600 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji 8,5 m.

Opracowanie to oraz wykonane uzupełnienie do dokumentacji (Pawlak, Batolik, 1972) wzbudziło wątpliwości KDH m.in. co do trwałości zasilania zasobów wód podziemnych na dokumentowanym obszarze (orzeczenie KDH z dnia 29 sierpnia 1972, 29 września 1972, pismo CUG z dnia 3 lipca 1973).

W zaistniałej sytuacji celem właściwego udokumentowania zasobów tego rejonu BPBK w Łodzi skorzystało z opinii konsultanta (Macioszczyk, 1973). W opinii zwrócono uwagę na szczególny charakter analizowanego rejonu, który cechuje się

bardzo dobrą przepuszczalnością warstw wodonośnych przy równocześnie słabej alimentacji, a tym samym niewysokiej zasobności dokumentowanej jednostki hydrogeologicznej. Podkreślono konieczność przeprowadzenia specjalnych badań hydrogeologicznych, m.in. hydrowęzłowych pompowań badawczych w warunkach filtracji nieustalonej z jednoczesną kontrolą jakości wody. Wskazano na zasadność wykorzystania do oszacowania zasobów metody modelowania matematycznego). Stosownie do zaleceń KDH wykonano II uzupełnienie do dokumentacji (Pawlak, Batolik, 1973). Ocenę ilości zasobów eksploatacyjnych przeprowadzono według metody Muskata (Turek, 1971) z uwzględnieniem szacunkowych zasobów odnawialnych metodą infiltracji dla obszaru o powierzchni 124 km².

Do obliczeń przyjęto założenie, że dynamiczne zwierciadło wody nie będzie obniżone poniżej stropu osadów jury górnej. Uzyskaną dopuszczalną depresję równą 45 m skorygowano o wielkość depresji w studniach, otrzymując $s_{\max} = 25$ m. Następnie obliczono zasoby odnawialne w oparciu o metodę infiltracji:

$$Q_0 = \alpha \cdot A \cdot F = 1414 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

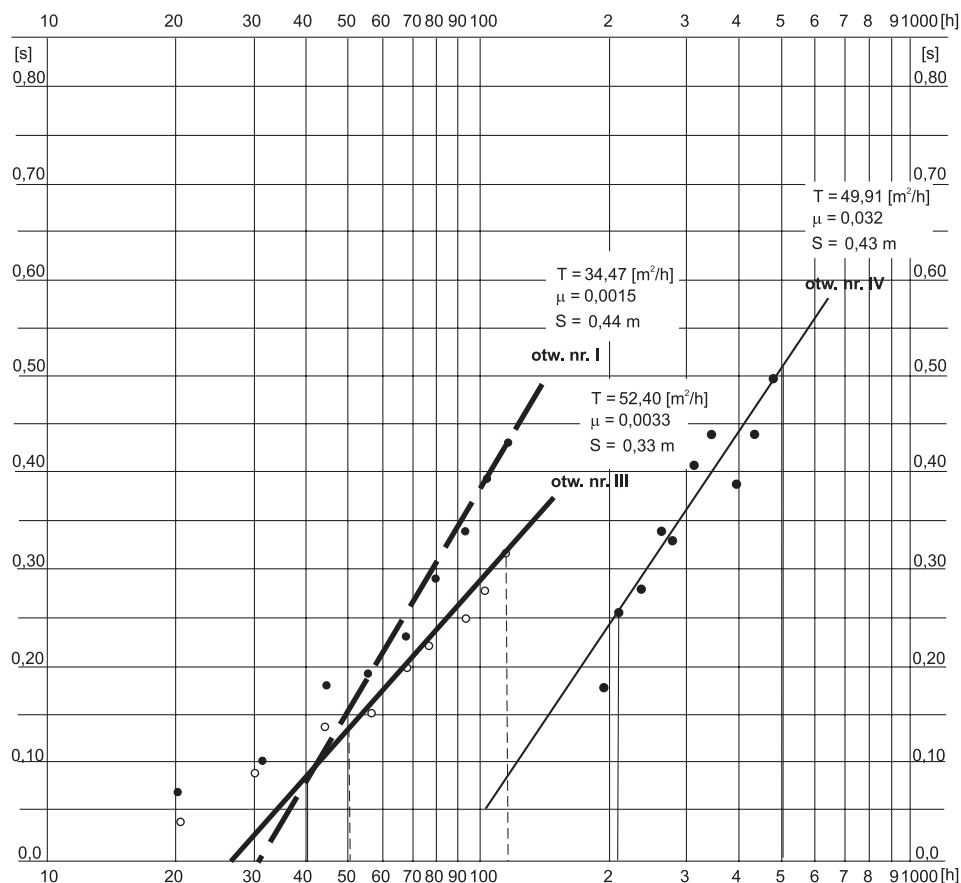
gdzie: α – współczynnik infiltracji [–],

A – średni opad roczny [m],

F – powierzchnia obszaru [km²].

Zasoby eksploatacyjne dla analizowanego obszaru określono na 4035 m³/h przy depresji $s_{\max} = 25$ m, podkreślając jednocześnie konieczność przeprowadzenia dodatkowych badań hydrogeologicznych dla szczegółowego określenia zasobów. Z uwagi na niepełne rozpoznanie hydrogeologiczne postulowano do zatwierdzenia zasoby w kategorii B z utworów jury górnej i czwartorzędu w ilości $Q = 1020$ m³/h jako sumę punktowych wydajności eksploatacyjnych ujęć zakładowych z rejonu miasta (550 m³/h – w której zawierało się zapotrzebowanie perspektywiczne do roku 2000) i ujęcia komunalnego (468 m³/h z perspektywą do 1978 r.). Na podstawie wyliczonych zasobów odnawialnych określono obszar alimentacji o powierzchni $F = 85,8$ km² ($R = 5,23$ km) dla ustalonych zasobów. Depresję regionalną wyliczono metodą „wielkiej studni” $s_{\text{reg.}} = 2,6\text{--}3,0$ m oraz w centrum leja depresji $s_{\max} = 7,5$ m. Jako możliwe do ustalenia zasoby w kategorii C przyjęto połowę zasobów obliczonych metodą Muskata w wysokości $Q = 2000$ m³/h przy $s = 8,5$ m oraz $s_{\max} = 14,5$ m dla obszaru $F = 175$ km². Centralny Urząd Geologii decyzją z dnia 6 kwietnia 1974 r. znak KDH/013/3556/B/74 zatwierdził opisywaną dokumentację regionalną (Pawlak, Batolik, 1973).

Równolegle Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Oddział w Łodzi w latach 1971–1974 prowadziło prace związane z rozbudową ujęcia, w wyniku których okazało się, że ustalenie zasobów ujęcia możliwe będzie tylko poprzez przeprowadzenie badań według interpretacji metodą filtracji nieustalonej. Z badań tych zrezygnowano z uwagi na wydaną decyzję zatwierdzającą zasoby dla rejonu Kutna. W zaistniałej sytuacji wykonano prognozę oddziaływania ujęcia przy poborze $Q = 600$ m³/h. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań wyznaczono parametry filtracyjne warstwy wodonośnej metodą Theisa (rys. 7.1.7), obliczono depresję regionalną i zasięg leja depresji (Wójcik, Olczak, 1974).



Rys. 7.1.7. Wycinek wykresu krzywych opadania zwierciadła wody w studniach I i III w czasie pompowania otworu IV ($Q = 143,16 \text{ m}^3/\text{h}$) oraz wykresu opadania zwierciadła wody w otworze IV w czasie pompowania otworu V ($Q = 180 \text{ m}^3/\text{h}$)

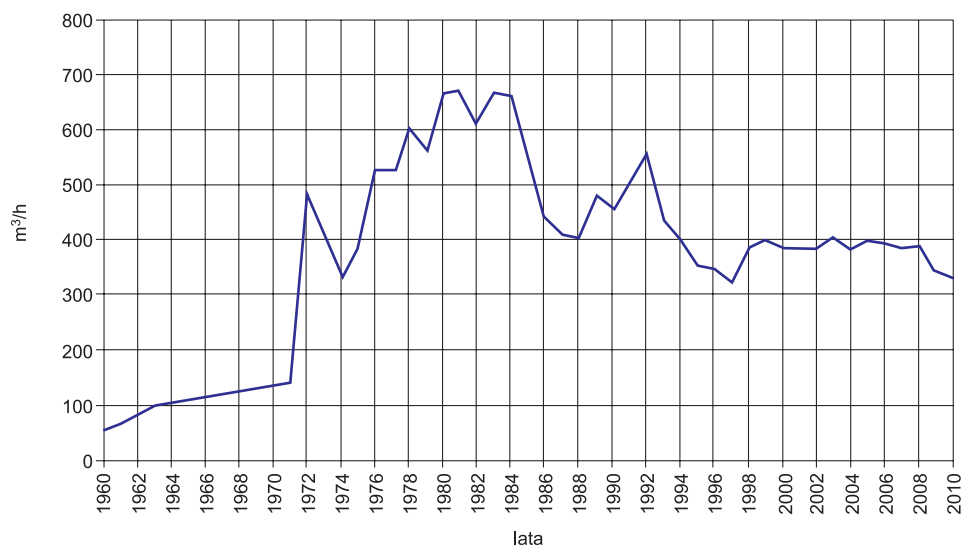
W trakcie prac terenowych również zaobserwowano obniżanie się zwierciadła wody w okolicznych studniach kopanych, studniach ujęcia komunalnego oraz znajdującej się po przeciwnej stronie doliny Ochni studni zakładowej 41/2. Podczas pompowania otworu IV z wydajnością $240,8 \text{ m}^3/\text{h}$ obniżenie zwierciadła wody w studniach istniejących ujęcia wyniosło $0,32\text{--}0,43 \text{ m}$, a w rejonie studni zakładowej (41/2) obniżenie to znacznie wzrosło do $1,94 \text{ m}$. Obserwacje zwierciadeł prowadzono w czasie eksploatacji studni II w ilości $180 \text{ m}^3/\text{h}$. Natomiast w trakcie pompowania studni V z maksymalną wydajnością $251,8 \text{ m}^3/\text{h}$, przy obciążeniu eksploatacyjnym studni I i III w wysokości $180\text{--}250 \text{ m}^3/\text{h}$, udokumentowano obniżanie się zwierciadła wody w okolicznych studniach kopanych.

Prognozę eksploatacyjną przeprowadzono w oparciu o uzyskane wyniki z pomiarów indywidualnych otworów IV i V w czasie eksploatacji studzien II i III (uzupełniająco). Obliczone wartości obniżenia zwierciadła wody w otworach obserwacyjnych uzyskały zbieżność ze stanem rzeczywistym. Oszacowano, że po 10 latach

eksploatacji przy wydajności $Q = 600 \text{ m}^3/\text{h}$ depresja regionalna wynosić będzie $s_{\text{reg.}} = 8,92 \text{ m}$, a lej depresyjny osiągnie wielkość $R = 26,7 \text{ km}$, co korespondowało z występowaniem w tej odległości strefy wododziału wód w utworach czwartorzędowych mających kontakt hydrauliczny z utworami jury górnej. Ponieważ obliczona depresja i zasięg leja depresji ujęcia komunalnego przekraczały wartości ustalone dla tego rejonu, zwrócono uwagę na potrzebę zweryfikowania zasobów dla Kutna po 1978 r.

Charakterystyka poboru wody

Eksploracja wody z ujęcia Graniczna dla potrzeb wodociągu komunalnego trwa od początku lat 70. XX w. Wraz ze wzrostem podaży wody wykonano i podłączono do eksploatacji kolejne studnie (nr IV i V) oraz uruchomiono stację uzdatniania wody. W latach 1980–85 produkcja wody osiągnęła najwyższe wartości i wynosiła około $700 \text{ m}^3/\text{h}$. Od końca lat 80. XX w. pobór wody ulegał stopniowemu zmniejszaniu do momentu uzyskania względnej stabilizacji w ostatniej dekadzie na poziomie $350\text{--}400 \text{ m}^3/\text{h}$. Przebieg poboru wody na potrzeby komunalne Kutna z utworów dolnego kimerydu przedstawiono na rysunku 7.1.8.



Rys. 7.1.8. Pobór wody z utworów dolnego kimerydu na potrzeby komunalne Kutna

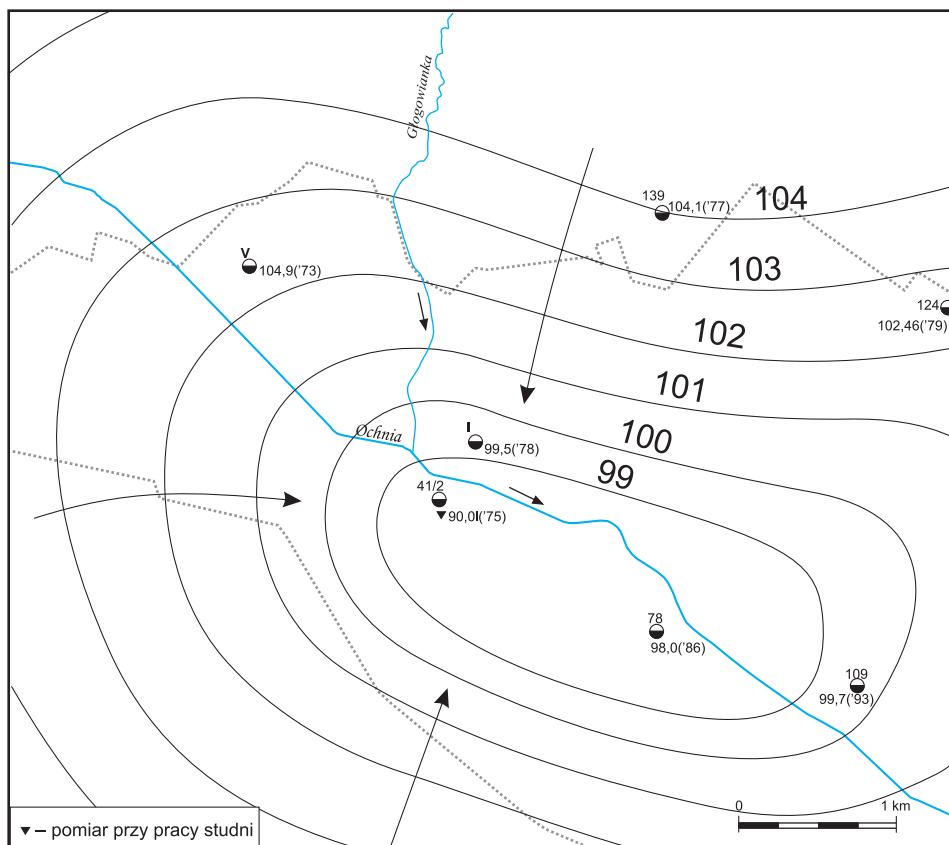
Oddziaływanie ujęcia na otoczenie

Hydrodynamika zbiornika dolnego kimerydu, ze względu na ekranujące oddziaływanie występujących w jego otoczeniu osadów oksfordu górnego, wykazuje silne zmiany pod wpływem poboru wody. W warunkach intensywnej eksploatacji z ograniczonym dopływem bocznym następuje wzmożony dopływ z nadległych poziomów wodonośnych, co wyraźnie uwidoczniło się w rejonie okna hydrogeologicznego w obrębie doliny Ochni.

Wpływ eksploatacji na hydrodynamikę piętra jury górnej w rejonie Kutna zobrazowano na mapach hydroizohips (rys. 7.1.9, 7.1.10) i profilach zdepresjonowanego zwierciadła wody (rys. 7.1.11)

Różnice w położeniu dynamicznego zwierciadła wody podziemnej do profilu zwierciadła wody w korycie rzeki Ochni określają wielkość depresji rejonowych (S_r) wywołanych eksploatacją. W okresie maksymalnego poboru wód wielkość ta wynosiła 4 m (rys. 7.1.11).

Zasięg leja depresji wywołanego eksploatacją ujęcia określano na podstawie obliczeń analitycznych, w oparciu o wyniki próbnych pompowań zespołowych (Świątek, 1963). Wyniki tych obliczeń z powodu złożonych warunków hydrogeologicznych nie pokrywały się z rzeczywistym oddziaływaniem ujęcia odnotowywanym w trakcie pomiarów w terenie (Batolik, 1971; Wójcik, Olczak, 1974). Wpływ eksploatacji ujęcia odznaczał się bowiem obniżaniem zwierciadła wody w okolicznych studniach kopanych i wierconych. Obniżanie się zwierciadła w studniach kopanych osiągało wartości od $< 0,5$ m do ponad 1 m, natomiast w studniach wierconych od-

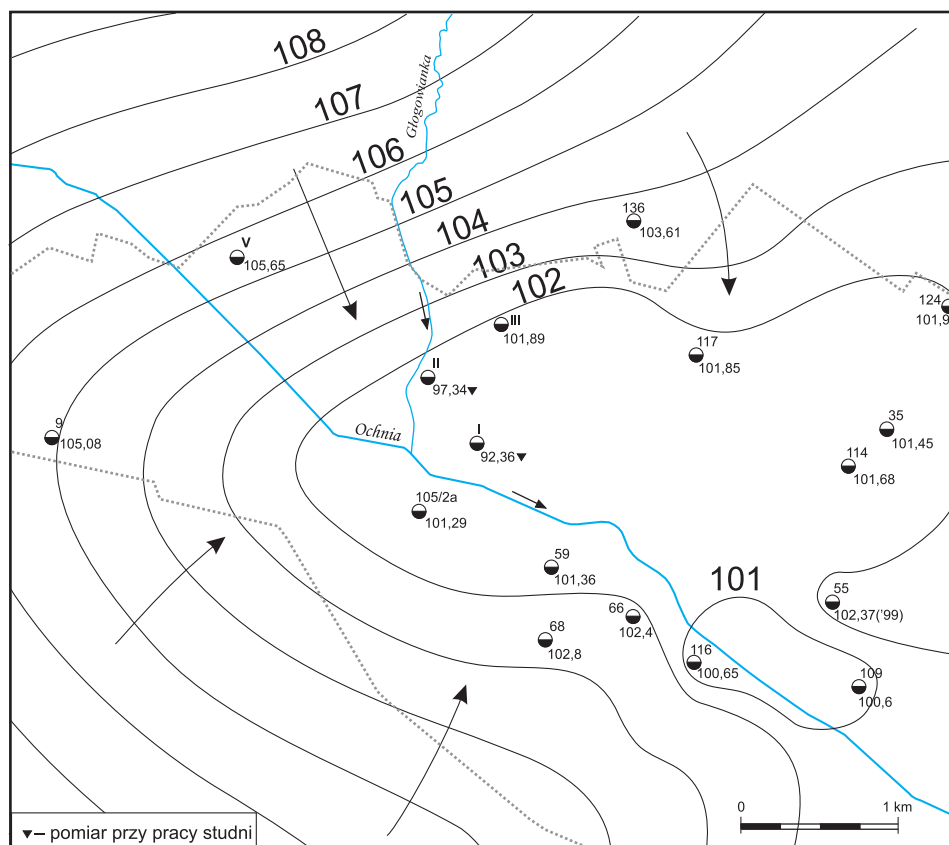


Rys. 7.1.9. Hydroizohipsy zwierciadła wody piętra jury górnej na podstawie danych archiwalnych z lat maksymalnej eksploatacji ujęcia komunalnego z pogłębionym lejem depresji

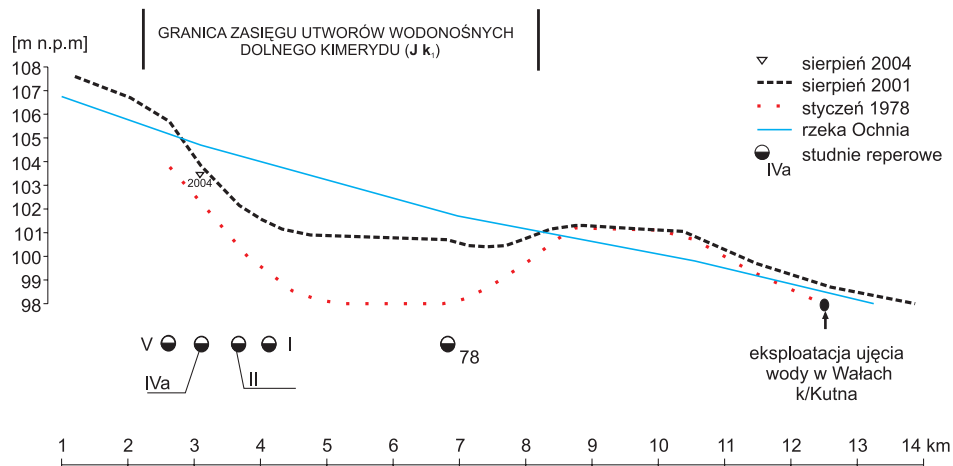
notowano obniżenie 1–2 m (Batolik, 1971). Podobne zjawisko zaobserwowano również w 1973 r. podczas badań w studniach nr IV i V (Wójcik, Olczak, 1974).

Dwuwarstwowy charakter układu wodonośnego w analizowanym rejonie potwierdziły wyniki próbnego pompowania ujęcia (nr 35) dla Szpitala Powiatowego (rys. 7.1.1). Sporządzona interpretacja według metody filtracji nieustalanej Theisa ukazała zróżnicowanie w nachyleniu krzywej opadania zwierciadła wody (rys. 7.1.12). Pierwsze nachylenie odzwierciedla przewodność szczelin tektonicznych w wapieniach jurajskich, drugie określa przewodność sumaryczną całego układu wodonośnego (Przybyłek, 1972).

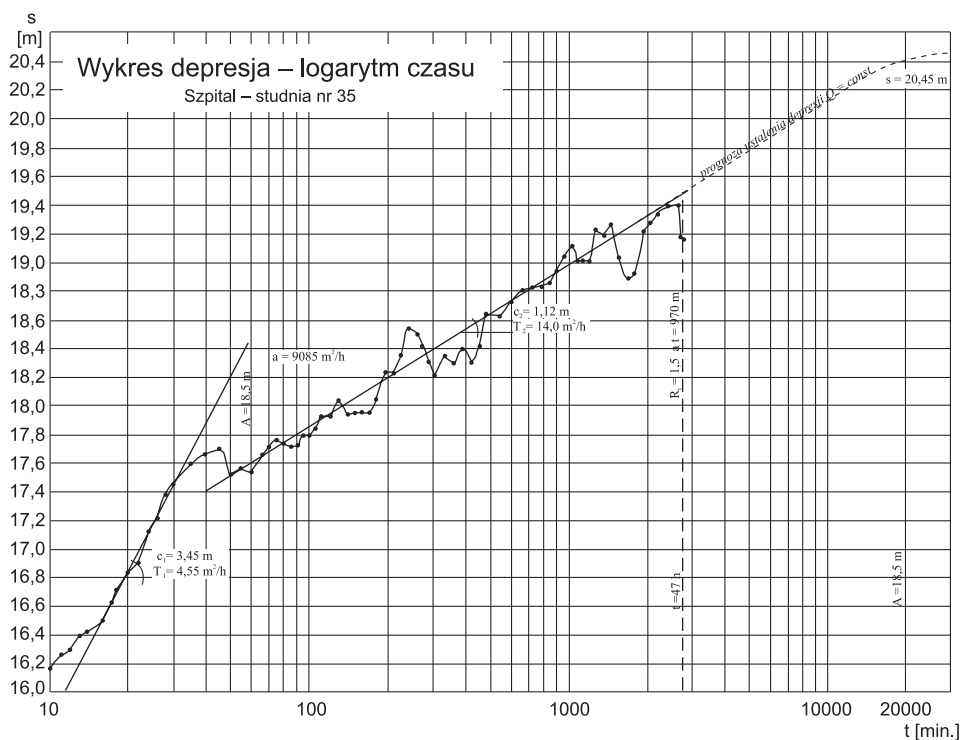
W opracowaniu dotyczącym określenia granic geologicznych stref ochronnych ujęć komunalnych (Pęczkowska i in., 2002) wykonano prognozę wpływu eksploatacji z wydajnością określoną w pozwoleniu wodnoprawnym na warunki hydrogeologiczne w rejonie ujęcia. Dla zasymulowanych na modelu matematycznym warunków eksploatacji ($Q=580 \text{ m}^3/\text{h}$) osiągnięto wartość obniżenia w centrum ujęcia do rzędnej około 95 m n.p.m.



Rys. 7.1.10. Hydroizohipsy zwierciadła wody piętra jury górnej na podstawie pomiarów z sierpnia 2001 r. (Mikołajczyk, 2002)



Rys. 7.1.11. Profile zdeprecjonowanego zwierciadła wody w utworach jury górnej przy eksploatacji maksymalnej oraz na stan z sierpnia 2001 r. i 2004 r.



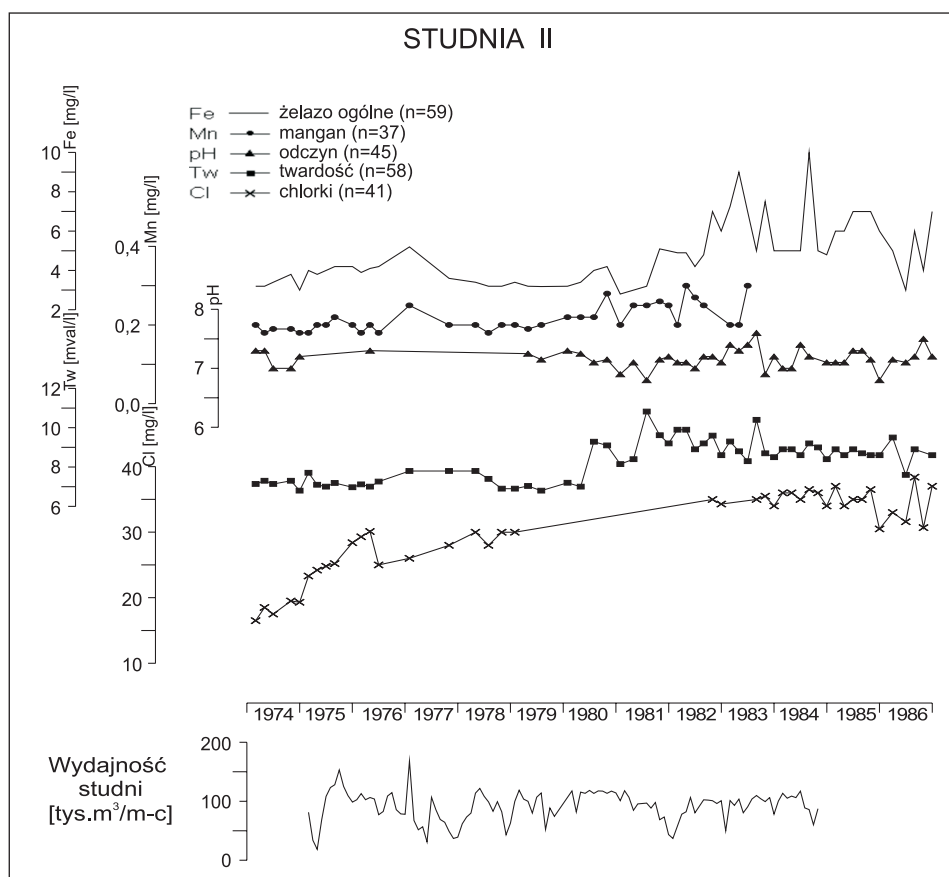
Rys. 7.1.12. Interpretacja wyników próbnego pompowania ujęcia wody zlokalizowanego w zasięgu utworów jury górnej (oksford) o gorszych parametrach wodonośności (Szpital w Kutnie)

Określenie zmian jakości wód w trakcie eksploatacji

Jakość ujmowanej wody na początku lat 60. XX w. (wg danych z okresu budowy studzien) wykazywała korzystne cechy fizyczno-chemiczne (Świstek, 1963). Wzmógłna eksploatacja wód z piętra jury górnej powodowała zmiany składu chemicznego, przyczyniając się do wzrostu zawartości związków żelaza, manganu, twardości ogólnej oraz siarczanów (tab. 7.1.3).

Zmiany jakości wody w okresie intensywnej eksploatacji przeanalizowano w dalszej części opisu dla studni nr II położonej w dolinie Ochni oraz dla studni nr III zlokalizowanej na wysoczyźnie (rys. 7.1.12, 7.1.13).

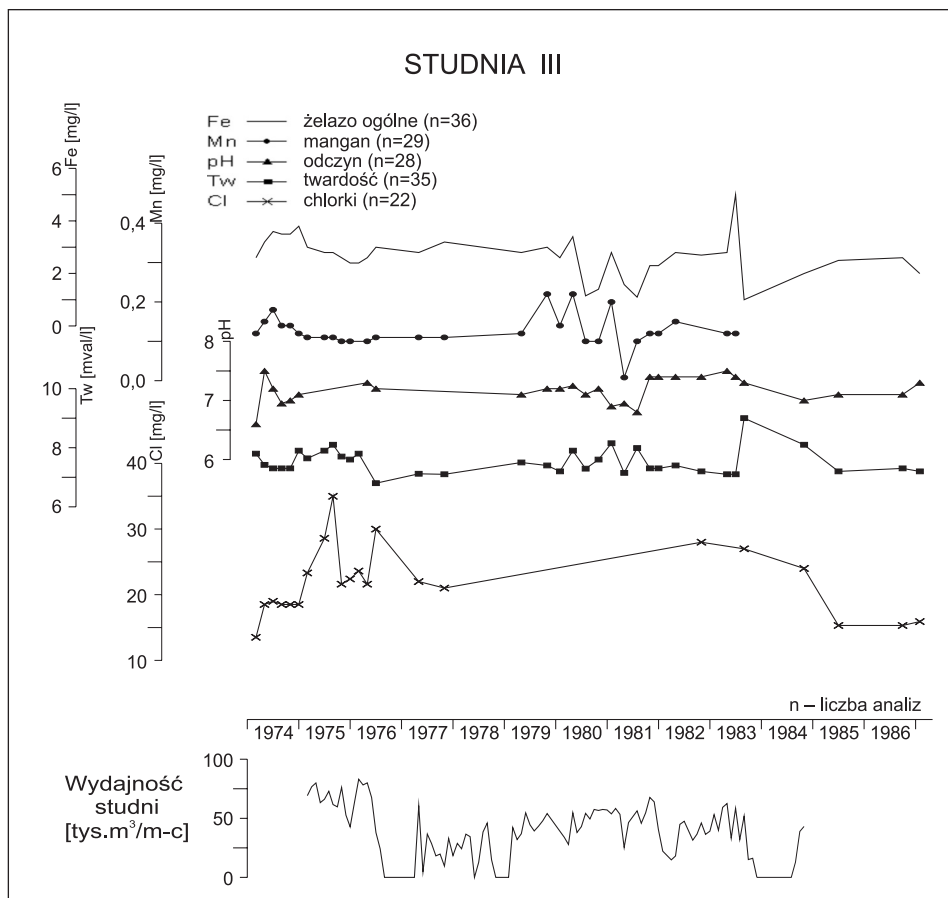
Jak wynika z analizy, dynamika zmian jakości wody jest intensywniejsza w rejonie doliny Ochni, co potwierdza mechanizm dopływu wód z nadległych osadów czwartorzędowych. Dowodzą tego również wyniki badań zawartości trytu (Włostowski, 2002). Stężenie trytu (^3H) w ujmowanej wodzie ze studni I w dolinie Ochni (rys. 7.1.1) określono na 8,6 [T.U.], co wskazuje na krótki czas migracji wód



Rys. 7.1.13. Zmiany jakości wody na ujęciu Graniczna w czasie eksploatacji studni numer II (dolina Ochni)

Tabela 7.1.3. Charakterystyka wybranych parametrów hydrogeochemicznych wód z utworów jury górnej (kimerydu dolnego) na ujęciu Graniczna w latach 1961–2010

Numer studni	Rok analizy	Sucha pozostałość [mg/l]	Twardość ogólna [mval/l]	Siarczany [mgSO ₄ /l]	Chlorki [mgCl/l]	Azotany [mgNO ₃ /l]	Jon amonowy [mgNH ₄ /l]	Mangan [mgMn/l]	Żelazo ogólne [mgFe/l]	Odczyn pH
I	1962	416	6,8	5	14	0	0,5	0,21	1,5	7,4
	1978	–	8,54	–	36	–	–	0,22	6,2	–
	1998	–	9,98	104,9	88,4	0	0,6	0,34	5,2	6,95
	2001	585	8,1	119,2	56,5	0,2	0,54	0,28	6,0	7,0
	2002	645	8,6	129,6	56,7	1,32	0,62	0,25	7,0	6,83
	2005	537	9,3	138	57,96	b.d.	0,81	0,54	5,34	6,95
	2010	b.d.	9,2	153	45,5	<0,9	0,71	0,487	5,64	7,08
II	1962	418	6,7	17	12	0	0,48	0,14	1,7	–
	1982	–	9,6	–	35	–	–	–	7,0	7,2
	1998	–	9,0	156	45	–	–	0,36	7,0	6,98
	2000	686	8,7	166	36,1	0,2	0,48	–	5,15	–
	2002	626	8,6	192	41,8	0,88	0,56	0,4	7,6	6,92
	2005	634	9,11	168	41,54	b.d.	0,77	0,52	5,96	6,97
	2010		9,36	199	42,0	<0,9	0,71	0,435	4,92	7,06
III	1962	454	6,7	7	14	0	0,48	0,06	1,2	7,3
	1977	–	7,15	–	21	–	–	0,11	3,2	–
	1998	–	7,6	12,34	14,1	0	0,8	0,3	3,2	6,83
	2000	476	6,98	26	21,85	0,2	0,65	–	2,88	–
	2002	456	6,86	24	29,1	1,32	0,43	0,1	3,0	6,93
	2005	395	6,97	23	25,12	b.d.	0,54	0,57	2,99	6,85
	2010		7,28	9,0	12,9	<0,9	0,8	0,324	3,29	7,10
IV	1972	410	6,7	8	18	0	0,6	0,1	3,6	6,9
	1984	–	7,8	–	47	–	–	–	6,0	7,15
	1990	559,2	8,96	124,3	52,8	b.d.	0,42	0,27	4,58	7,05
	1996	–	8,8	–	55,6	0	0,5	–	8,0	–
zlikwidowana – z powodu awarii w 1996 r. (obsunięcie rur obsadowych)										
IVa	2004	566	8,1	86	60	0,13	0,33	0,18	3,4	7,2
	2005	516	9,2	141	49,4	b.d.	0,58	0,51	4,37	6,95
	2010	–	9,24	148	51	<0,9	0,66	0,404	4,40	7,11
V	1976	–	7,4	–	22	–	–	0,1	2,6	–
	1980	–	8,15	–	30	–	–	0,2	2,8	6,9
	1998	–	9,5	162,09	23,5	–	0,4		9,3	–
	2000	618	8,4	122	19	0,2	0,85	0,99	6,61	–
	2002	459	6,93	72	17,7	0,88	0,56	0,2	5,0	6,78
	2005	467	7,97	116,2	20,29	b.d.	0,54	0,72	5,12	6,96
	2010		7,96	74	21,0	<0,9	0,96	0,316	5,95	7,08



Rys. 7.1.14. Zmiany jakości wody na ujęciu Graniczna w czasie eksploatacji studni numer III (wysoczyzna w sąsiedztwie doliny rzeki Ochni)

infiltracyjnych (<10 lat). Pogorszenie się jakości ujmowanej wody wynikało z przeobrażenia środowiska hydrogeochemicznego w dolinie Ochni wskutek zmiany warunków hydrodynamicznych wywołanych eksploatacją ujęć. Wzrost poboru wody z piętra jury górnej spowodował obniżenie ciśnienia piezometrycznego, co skutkowało wytworzeniem się depresji rejonowej $s_r = 4$ m (rys. 7.1.11). Odwrócenie naturalnych gradientów hydraulicznych uaktywniło dopływ wód z nadległego czwartorzędowego poziomu wodonośnego w dolinie Ochni. Silne zdeprecjonowanie zwierciadła wody zainicjowało niekorzystne procesy hydrogeochemiczne związane z górną częścią profilu dolinnego. Cechą charakterystyczną osadów dolinnych zalegających w strefie przypowierzchniowej jest występowanie w ich składzie rozproszonych pylistych części organicznych (Szałamacha, 1991; Mikuła, 2000). Siarka zawarta w szczątkach organicznych w warunkach silnie redukcyjnych łączy się z metalami, tworząc siarczki. Wskutek intensywnej eksploatacji następowało wzmożone oddziaływanie tlenu na osady zawierające siarczki, co powodowało ich

utlenianie. W wyniku zachodzących procesów następowała intensywniejsza migracja m.in. związków żelaza, manganu i siarczanów w głąb struktury kopalnej doliny Ochni. Ze względu na ułatwioną drogę migracji (brak izolacji) produkty reakcji chemicznych docierają ostatecznie do stref filtrowania studni w utworach jury górnej. Proces ten powodował również wzrost agresywności wody w stosunku do skał wapiennych, co było przyczyną obsunięcia się rur obsadowych studni nr IV.

W kształtowaniu się jakości wody uczestniczyły dodatkowo zanieczyszczenia antropogeniczne. W latach 80. XX w. rejon doliny Ochni ze względu na przemysłowy charakter zagospodarowania terenu poddany był silnej presji antropogenicznej. Zaobserwowano przenikanie związków azotu do środowiska wód podziemnych. W studni nr 23, zafiltrowanej w osadach czwartorzędowych, odnotowano stężenia azotanów na poziomie 25 mg N-NO₃/l. Migrujące w głębsze partie struktury doliny azotany mogły ulegać procesom denitryfikacji, które dodatkowo przyczyniały się do wzrostu stężeń związków żelaza od 15 do 42 mg Fe/l i siarczanów do 424 mg SO₄/l (studnia zakładowa nr 41/2).

W efekcie opisanych procesów następowało stopniowe pogarszanie się jakości ujmowanej wody w zakresie wzrostu stężeń związków żelaza i manganu, twardości ogólnej, siarczanów oraz chlorków. Aktualnie obserwuje się spadek dynamiki niekorzystnych zmian jakości ujmowanej wody, aczkolwiek odnotowywane są jeszcze w studniach zlokalizowanych w dolinie Ochni podwyższone stężenia siarczanów (74–199 mg SO₄/l), jonu amonowego (0,316–0,960 mg NH₄/l), związków żelaza (4,40–5,95 mg Fe/l) i manganu (0,316–0,487 mg Mn/l) oraz twardości ogólnej wody (7,96–9,36 mval/l) (tab. 7.1.3).

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków poboru

Rozwój miasta i przemysłu w latach 70. XX w. spowodował potrzebę weryfikacji zasobów wodnych rejonu Kutna. Zadanie to zrealizowało BPBK w Łodzi (Pawlak, Batolik, 1973), szacując zasoby eksploatacyjne dla rejonu Kutna w wysokości 1020 m³/h przy depresji 7,5 m. Niemalże w tym samym czasie, w związku z rozbudową ujęcia, wykonywano badania otworów IV i V z wykorzystaniem filtracji nieustalonej metodą Theisa. Określono wartość depresji rejonowej po 10 latach eksploatacji na 8,92 m przy założonej eksploatacji Q=600 m³/h (Wójcik, Olczak, 1974). Zaistniałe rozbieżności w wartościach depresji w warstwie wodonośnej wzbudziły wątpliwości autorów i potrzebę weryfikacji zasobów po 1978 r. Zatwierdzone zasoby eksploatacyjne w kategorii B w wysokości 1020 m³/h dla rejonu Kutna były rozdysponowane według potrzeb wszystkich użytkowników ujęć wykorzystujących wody piętra jury górnej i znajdujących się w obszarze zasobowym, przy czym w rozdziale tym nadawano priorytet potrzebom komunalnym miasta. W 1972 r. obciążenie ze strony przemysłu zlokalizowanego w obrębie miasta wynosiło około 410 m³/h. Wykonane w 1971 i 1974 r. obserwacje w rejonie ujęcia w czasie zespołowych pomiarów badawczych z sumarycznym wydatkiem Q = 468 m³/h wykazały obniżanie się zwierciadła wody w studniach kopanych i wierconych.

Zwiększenie się liczby mieszkańców Kutna w latach 80. powodowało automatycznie większe zapotrzebowanie na wodę (rys. 7.1.8). Wykonywane naówczas operaty wodnoprawne szacowały potrzeby ujęcia Graniczna na 800 m³/h (Batolik, 1983). Rozwój wodochłonnego przemysłu nie postępował zgodnie z założeniami wykonanych szacunkowych bilansów wodnych dla miasta, a przypisane do zakładów przemysłowych rezerwy zasobowe zostały wykorzystane przez ujęcie komunalne. Skoncentrowanie poboru wody z utworów jury górnej w rejonie ujęcia spowodowało znaczne obniżenie ciśnienia piezometrycznego, w wyniku czego uaktywnił się dopływ wód z nadległych osadów czwartorzędowych doliny Ochni. Na zaistniałą sytuację wpływ miało także obciążenie eksploatacją analizowanego systemu wodonośnego przez pozostałych użytkowników wód z utworów kimerydu dolnego.

Odnotowane obniżenie zwierciadła wody, rozumiane jako depresja rejonowa, osiągnęło wartość ~ 4 m. Wielkość ta, przy zdecydowanym obciążeniu eksploatacją w latach 80. XX w., nie znalazła potwierdzenia w wykonanych prognozach zasobowych (Pawlak, Batolik, 1973; Wójcik, Olczak, 1974). Odpowiedź na pytanie, dlaczego system wodonośny nie był sprawdzalny, dała przeprowadzona po niemal 30 latach analiza zmian jakości wody w trakcie eksploatacji ujęcia (Mikołajczyk, 2002). Jakość wody do roku 1975 nie wykazywała istotnych zmian. Jej pogorszenie najsilniej zaznaczyło się w latach 1975–1985. Wtedy rozwój leja depresyjnego na obszarze miasta rozwinął się najintensywniej (rys. 7.1.9).

Analizowany system wodonośny w warunkach ograniczonego zasilania z dopływów bocznych uzupełniał straty wody spowodowane eksploatacją ujęć z nadległych poziomów wodonośnych. Wymuszony gradientem hydraulicznym dopływ wód z osadów czwartorzędowych w dolinie Ochni wywoływał także niekorzystne zmiany w jakości wody z piętra jury górnej.

Aktualnie wartość depresji regionalnej zmniejszyła się do ~2 m przy wydajności średniej ujęcia na poziomie ~ 350 m³/h, co przy ograniczonym i rozproszonym poborze przez inne podmioty gospodarcze korzystnie wpływa na odbudowywanie się zasobów. W ujmowanej wodzie nadal jeszcze utrzymują się podwyższone stężenia niektórych parametrów (tab. 7.1.3). Niewielką tendencję wzrostową zaobserwować można dla jonu amonowego i związków manganu. Uaktywnione niekorzystne procesy hydrogeochemiczne zostały na długo utrwalone w warstwie wodonośnej, o czym świadczą wyniki aktualnych badań wody. Jakość wody, przy zachowaniu odpowiedniej równowagi hydrodynamicznej w całym systemie wodonośnym tego rejonu, będzie stopniowo się poprawiać.

Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Wszystkie metody zastosowane do szacowania zasobów eksploatacyjnych w rejonie ujęcia, choć obliczane względnie poprawnie, były zbyt optymistyczne. Ich prawidłowość okazywała się właściwa jedynie w aspekcie ilościowym i parametrycznym dla scharakteryzowania piętra wodonośnego jury górnej. Utwory dolnego kimerydu stanowią tylko część układu hydrodynamicznego, współzależnego z nadległymi osadami czwartorzędowymi. Potwierdzeniem współzależności systemu

było zaobserwowane obniżanie się zwierciadła wody w trakcie eksploatacji piętra jury górnej. Nieprecyzyjność szacowanych zasobów wynikała z nieuwzględniania w przyjmowanych schematach obliczeniowych dopływu wód z utworów czwartorzędowych. Sygnałem do przyjmowania w bilansie wód takiej składowej jest reakcja hydrodynamiczna warstw nadległych, a następnie pogarszająca się jakość wód. Próbné pompowania studzien, szczególnie zespołowe, stanowią doskonały eksperyment badawczy, który pozwala określić właściwości hydrauliczne na całym analizowanym obszarze w rejonie ujęcia. Pobór wód z utworów jury górnej (w ilości 468 m³/h) spowodował określone wymuszenia hydrauliczne, a z uwagi na ograniczony dopływ boczny (ekranujące utwory oxfordu) uaktywniło się przesączanie z utworów czwartorzędowych. Reakcją na powyższe było stwierdzone obniżanie się zwierciadła wody w studniach kopanych i wierconych w trakcie pompowań badawczych (Batolik, 1971; Wójcik, Olczak, 1974). Zmiany jakości wody pod wpływem eksploatacji mogą być trudne do wychwycenia w początkowej fazie rozruchu ujęcia, szczególnie gdy strefy „filtrowania” znajdują się na znacznych głębokościach. Intensywność zmian jakości zależna jest od gradientu hydraulicznego, który warunkuje czas migracji przeobrażonych wód do piętra jury górnej. Rozbieżności prognoz zasobowych z rzeczywistymi warunkami hydrodynamicznymi, jakie stwierdzono w rejonie ujęcia Graniczna, wynikały z przyjmowania schematów obliczeniowych charakteryzujących niepełny bilans zasobowy, jak również specyficznych warunków geologiczno-strukturalnych tego obszaru.

Literatura

- Batolik K., 1971. Rejon praktycznego oddziaływania studzien ujęcia miejskiego w Kutnie. Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Łodzi.
- Batolik K., 1983. Operat wodnoprawny na pobór i eksploatację wód podziemnych. Biuro Proj. Budownictwa Komunalnego w Łodzi.
- Bierkowska M., Wójcik G., 1996. Projekt strefy ochronnej wód podziemnych. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Bryła J., 2004. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów górn jurajskich w rejonie Kutna. EKO-HYDROGEO J.B.
- Dłutowski W., Batolik M., 1970. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów jurajskich w Kutnie. Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Łodzi.
- Macioszczyk T., 1973. Wynikowa opinia pokonsultacyjna w sprawie „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów jurajskich w rejonie Kutna” (materiały rękopiśmienne).
- Mikołajczyk M., 2002. Warunki hydrogeologiczne eksploatacji ujęć wód podziemnych z utworów górn jurajskich miasta Kutna. Praca magisterska wykonana w Zakładzie Hydrogeologii i Ochrony Wód pod kierunkiem prof. dr. hab. J. Przybyłka. Archiwum Instytutu Geologii UAM w Poznaniu.
- Mikuła E. i in., 1975. Hydrodynamika wód górn jurajskich jednostki kutnowskiej. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Mikuła E., 2000. Opinia hydrogeologiczna dotycząca przyczyn zanieczyszczenia związkami żelaza rzeki Ochni w Kutnie. Łódź.
- Pawlak E., Batolik K., 1972. Uzupełnienie I do „Dokumentacji hydrogeologicznej wód podziemnych z utworów jurajskich w rejonie Kutna”. Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Łodzi.

- Pawlak E., Batolik K., 1973. Uzupełnienie II do „Dokumentacji hydrogeologicznej wód podziemnych z utworów jurajskich w rejonie Kutna”. Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Łodzi.
- Pęczkowska B., Figiel Z., Meszczyński J., 2002. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej określający granice geologiczne stref ochronnych ujęć wód podziemnych. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Przybyłek J., 1972. Koreferat do dokumentacji hydrogeologicznej w kat. „B” ujęcia wody podziemnej z utworów jurajskich dla Szpitala Powiatowego w Kutnie (materiały rękopiśmienne).
- Strumiłło J., 1975. Dokumentacja hydrogeologiczna na ujęcie wody podziemnej z utworów górnej jury w kat. „B”. Lokalizacja: Skłęczki. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Szałamacha G., 1991. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Kutno – (rękopis). Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Szałamacha G., 1991. Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Kutno (rękopis). Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Świstek J., 1963. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów jurajskich w rejonie Kutna. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Zakład w Łodzi.
- Włostowski J., 2002. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Kutno. PIG, Warszawa.
- Wójcik G., Olczak H., 1974. Dokumentacja geologiczna wynikowa ujęcia komunalnego miasta Kutna składającego się z pięciu studzien górnourajskich. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Łodzi.

7.2. Ujęcia wód podziemnych w kredowej niecce lubelskiej

7.2.1. Ujęcie Borek (Strupin) w Chełmie

Piotr Herbich

Wstęp

Ujęcie Borek Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Chełmie Lubelskim zostało wybudowane i włączone do eksploatacji w trzech etapach w latach 1965–1977. Czternaście studni o głębokości 100 m ujmowało poziom wodonośny w spękanej kredzie piszącej górnego mastrychtu o swobodnym zwierciadle na głębokości 1,5–3 m p.p.t. Po niecałych 18 latach od uruchomienia pierwszych trzech studni ujęcia zostało ono wyłączone z eksploatacji i zlikwidowane w 1991 r. w rezultacie nieuzyskania oczekiwanej wydajności i niskiej, stale spadającej produktywności poszczególnych studni oraz braku perspektyw na skuteczną i ekonomicznie uzasadnioną ich renowację, a także – powstania nowych źródeł zaopatrzenia miasta w wodę.

Maksymalna wydajność ujęcia osiągnięta w 1977 r. – po włączeniu wszystkich 14 studni do eksploatacji – wyniosła 9400 m³/d, co stanowiło 55% zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych ujęcia (720 m³/h–17 300 m³/d). Już w następnym roku wydobywanie wody spadło do 33% zasobów ujęcia, zaś w 1989 r. – do niecałych 19%. Zaopatrzenie miasta w wodę zapewniło od 1988 r. podłączenie do wodociągów miejskich pierwszych 9 studni ujęcia MPWiK Bariera w Chełmie, zlokalizowanego w obrębie kopalni odkrywkowej kredy piszącej i mającego jednocześnie zapewnić jej odwadnianie.

Lokalizacja i opis ujęcia Borek

Ujęcie Borek było położone w powiecie chełmskim, gminie Chełm, na gruntach wsi Strupin Mały, wzdłuż lasu Borek stanowiącego południowo-wschodni kraniec terenów miejskich Chełma w województwie lubelskim (po reformie administracyjnej w 1975 r. – w województwie chełmskim).

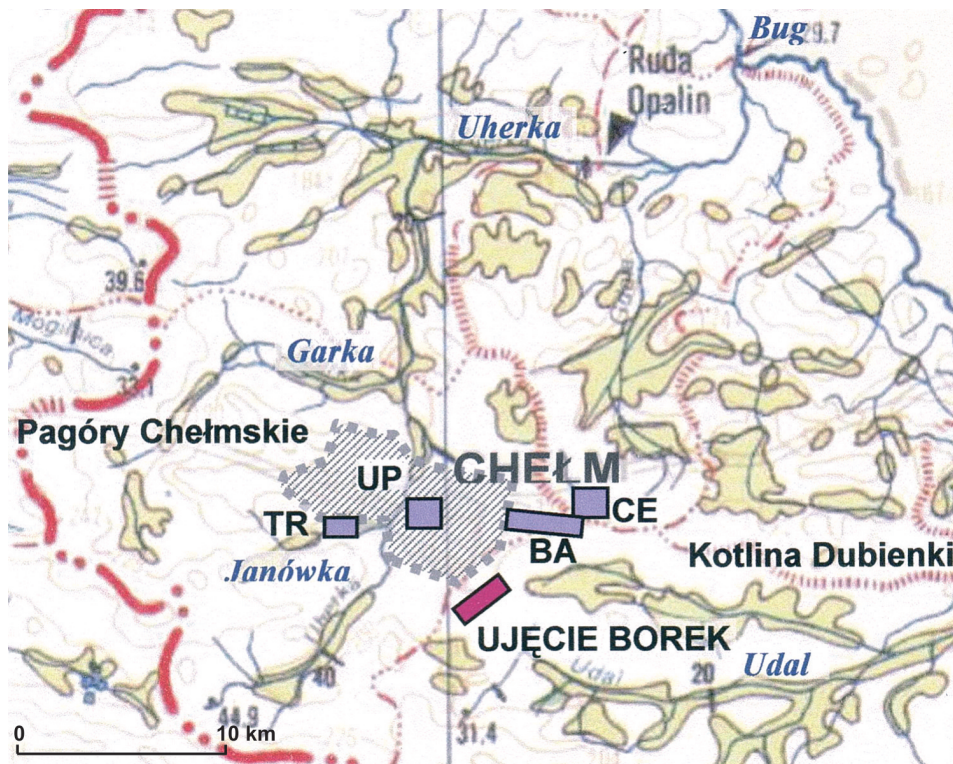
Pod względem fizjograficznym (Kondracki, 2000) teren ujęcia i obszar jego zasilania znajdował się w zachodniej części Polesia Wołyńskiego, na południowo-wschodnim skraju Pagórów Chełmskich i w Obniżeniu Dubieńskim. Najwyższym punktem jest wzniesienie Góra Chełmska sięgające 220 m n.p.m., najniższym dolina Uherki w dzielnicy Bielawin – około 170 m n.p.m. Pod względem hydrograficznym jest to obszar wododziałowy zlewni III rzędu Uherki i Udału – dopływów Bugu środkowego w dorzeczu Wisły (rys. 7.2.1).

Zgodnie z podziałem hydrogeologicznym (Paczyński, Sadurski, red., 2007) tereny te leżą w części centralnej subregionu środkowej Wisły – wyżyny w prowincji Wisły. Główny użytkowy poziom wodonośny w rejonie Chełma stanowią zawadnione utwory szczelinowe mastrychtu (kreda górna), wykształcone w postaci kredy piszącej (Krajewski, 1972; Herbich, 1980, 1983, 1989; Herbich, Knyżyński, 1998).

Lokalizacja ujęcia Borek została wstępnie określona dokumentacją hydrogeologiczną w kategorii C, opracowaną w 1962 r. przez Towarzystwo Naukowe dla Wykorzystywania Źródeł i Surowców Terenowych w Polsce z siedzibą w Krakowie. Studnie ujęcia wykonano w latach 1965–1969 na gruntach rolnych wsi Strupin Mały, w dwu równoległych liniach biegnących wzdłuż wschodniej granicy miejskiego lasu Borek, oddległej około 1,2 km od południowo-wschodnich zabudowań miasta (rys. 7.2.2). Stąd ujęcie nosiło zamiennie dwie nazwy: Strupin albo Borek.

W pierwszym szeregu o długości 2050 m odwiercono 11 studni (rys. 7.2.2, studnie nr 1–11) w odstępach co 140–300 m, w drugim szeregu – oddległym 200 m w kierunku SE wykonano 4 studnie w rozstępie 190–250 m (studnie nr 12–15).

Wszystkie studnie mają zbliżoną konstrukcję i praktycznie taki sam profil hydrogeologiczny (tab. 7.2.1, rys. 7.2.3, 7.2.4). W otworze Ø 20" (508 mm) posadowiono i zacementowano na głębokości 23–31 m p.p.t. rury cembrowe o średnicy Ø 18" (457 mm). W otwór Ø 16" (406 mm), zakończony na głębokości 100 m, zostały wstawione rury wiernicze Ø 14" (356 mm), w których część filtrową spełniał odcinek o długości 35–50 m z 25% perforacją w postaci prostokątnych otworów, wykonaną w strefie od 44–60 m p.p.t. do 88–95 m p.p.t. Do kolumny filtrowej opuszczono agregat pompowy, zatopiony w odcinku nadfiltrowym, na głębokości 40–55 m.



Rys. 7.2.1. Położenie ujęcia Borek na tle elementów hydrograficznych (zlewnia Uherki i Udału – dopływów Bugu), fizjograficznych (Pagóry Chełmskie i Kotlina Dubienki), terenów podmokłych (kolor j. zielony) oraz orientacyjnej lokalizacji sąsiednich ujęć w Chełmie: TR – MPGK Trubaków; UP – ujęcia przemysłowe (Zakłady Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego, PKP, Sp. Mleczarska i in.); BA – MPGK Bariera; CE – Cementownia Chełm

Każda studnia wraz z szachtem betonowym i budynkiem miała ogrodzoną i oznakowaną strefę ochrony bezpośredniej. Praca ujęcia była kierowana z centralnej sterowni. Woda ze studni była kierowana rurociągami technologicznymi do stacji uzdatniania (napowietrzanie, chlorowanie) i do dwu zbiorników wyrównawczych (po 2000 m³ każdy) na Górze Katedralnej.

Główne problemy eksploatacyjne i badawcze

Głównymi problemami badawczymi prezentowanymi na przykładzie eksploatacji ujęcia Borek MPGK w Chełmie są:

- ocena stopnia wiarygodności i kompletności rozpoznania hydrogeologicznego przeprowadzonego na etapie projektu lokalizacyjnego ujęcia i badań wykonanych w rozpoznawczych otworach studziennych,
- ocena poprawności ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia w aspekcie metodyki przeprowadzonych pompowań próbnych ujęcia,

Tabela 7.2.1. Podstawowe dane dotyczące konstrukcji otworów i wyników indywidualnych próbných pompowań studni ujęcia Borek MPGK w Chełmie

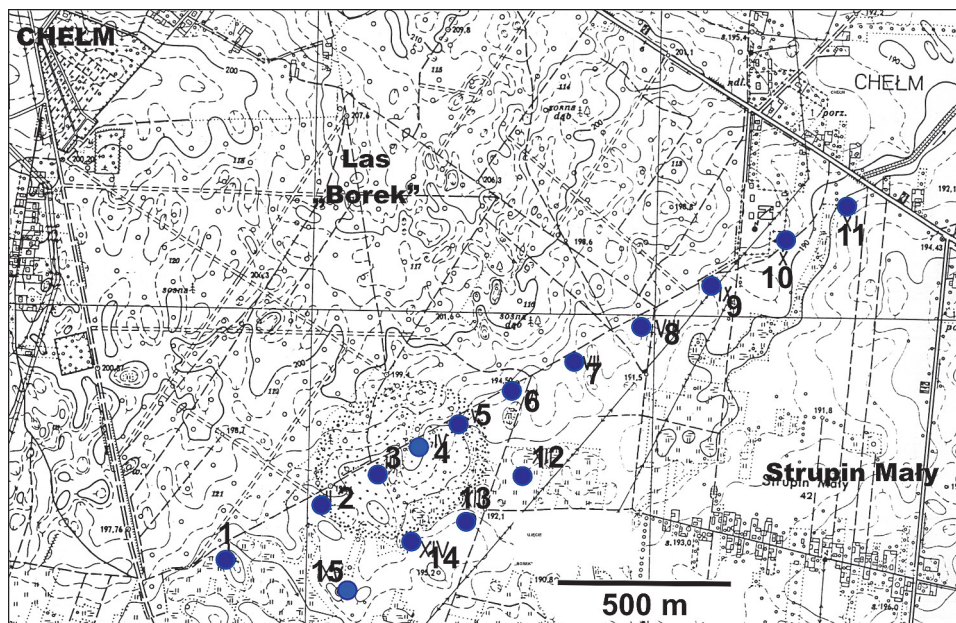
Nr studni w ujęciu	Głębokość otworu	Głębokość posadowienia buta rur cembrowych (Φ18'')	Głębokość (od – do) odcinka perforacji rury filtrowej 14''		Rok budowy studni	Wyniki indywidualnego próbnego pompowania studni na n-tym stopniu dynamicznym (t _n =72 h) przeprowadzonego w latach 1967–1969 Q – wydajność pompowania, s – depresja w studni, q – wydatek jednostkowy											
						I stopień			II stopień			III stopień					
						Q	s	q	Q	s	q	Q	s	q			
						do	do	od	do								
	m p.p.t.	m p.p.t.	m p.p.t.	m p.p.t.	rok	m ³ /h	m	m ² /h	m ³ /h	m	m ² /h	m ³ /h	m	m ² /h			
1	100	30,8	52,2	92,8	1965	10,65	7,7	1,38	20,85	14,2	1,47	36,96	35,2	1,05			
2	100	23,5	58,9	95,3	1968	20,37	6,8	3,00	36,96	14,3	2,58	60,4	31,15	1,94			
3	100	29,5	72,3	93,5	1965	20,85	6,2	3,36	40,5	11,8	3,43	64,58	24,6	2,63			
4	100	24,5	49,5	94,5	1968	20,37	2,2	9,26	40,5	5,65	7,17	64,58	11,6	5,57			
5	100	23,4	48,0	95,0	1968	12,96	3,8	3,41	27,94	11,6	2,41	40,5	49,1	0,82			
6	100	23,4	44,0	93,1	1965	20,85	3,2	6,52	47,83	11,2	4,27	79,34	24,3	3,27			
7	100	24,0	57,5	88,5	1968	22,75	3,95	5,76	44,7	8,0	5,59	64,58	12,65	5,11			
8	100	30,5	57,6	94,0	1968	14,89	5,8	2,57	27,94	11,6	2,41	55,82	28,5	1,96			
9	95	24,7	53,0	90,0	1968	9,12	5,4	1,69	18,15	14	1,30	31,12	47,2	0,66			
10	100	26,0	56,0	94,0	1968	12,6	53,2	0,24									
11	100	20,5	57,0	95,0	1968	15,93	3,75	4,25	31,15	12,7	2,45	45,57	42,5	1,07			
12	100	26,5	48,3	88,3	1969	12,25	6,3	1,94	20,37	16,5	1,23	26,82	31,8	0,84			
13	100	24,7	55,5	95,5	1969	14,82	4,5	3,29	29,62	10,4	2,85	44,72	36,9	1,21			
14	100	26,6	60,0	95,0	1969	20,37	7,7	2,65	40,5	18,2	2,23	60,04	39,6	1,52			
15	100	25,0	53,5	92,5	1969	12,25	8,0	1,53	27,94	21,4	1,31	40,5	47,3	0,86			

- ocena poprawności prognozy eksploatacyjnych warunków hydrodynamicznych układu krążenia wód podziemnych,
- ocena poprawności ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia w aspekcie początkowej sprawności hydraulicznej studni i ich konstrukcji.

Charakterystyka systemu wodonośnego rejonu Chełma

Dokumentacja hydrogeologiczna w kategorii C (Kraków 1962) zlokalizowała projektowane ujęcie dla wodociągów komunalnych Chełma w odległości 1,2 km na SE od peryferyjnych zabudowań miasta, w pobliżu działu wodnego Uherki i Udału, w strefie uskoku ograniczającego od południa zapadlisko włodawskie – regionalną strukturę podłoża paleozoicznego. Uskok ten zakwalifikowano jako zwiększający szczelinowatość utworów mezozoicznych i silnie podnoszący wodonośność górnokredowego poziomu wodonośnego (Krajewski, 1972).

W rejonie Chełma główny użytkowy poziom wodonośny związany jest ze szczelinowymi utworami mastrychtu (górną kreda), wykształconymi tu głównie w facji



Rys. 7.2.2. Lokalizacja studni ujęcia Borek MPGK w Chełmie

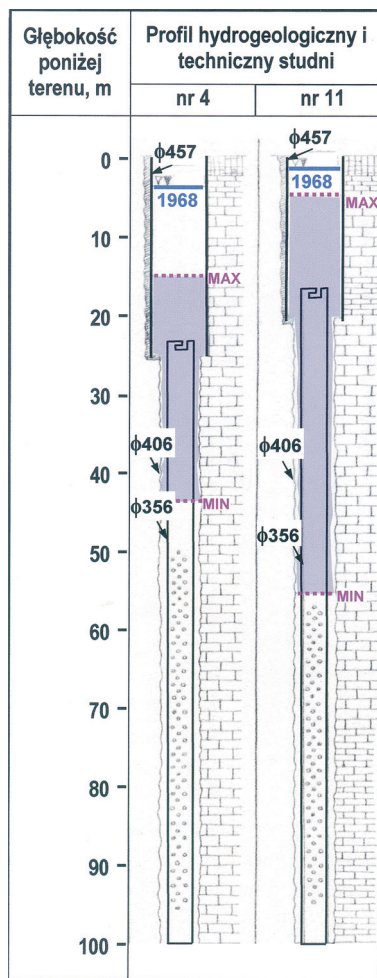
kredy piszącej, lokalnie przewarstwionej wkładkami marglistymi (Herbich, 1983, 1999a, b). Na większości obszaru – poza zasięgiem dolin – pozbawiony jest on przykrycia utworami czwartorzędowymi, jedynie lokalnie płyty pokrywy piasków i glin czwartorzędu osiągają kilka metrów miąższości.

Wody podziemne poziomu górnokredowego mają generalnie swobodne zwierciadło. Występuje ono na głębokości od paru do ponad 40 m w kulminacjach wzniesień. Amplituda jego naturalnych wahań w ciągu roku osiąga 3–6 m. Lokalnie zwierciadło może być napięte, szczególnie w strefach obniżień i dolin rzecznych, w których wypełnienie dolin utworami słabo przepuszczalnymi ogranicza kontakt hydrauliczny pomiędzy wodonośnymi utworami czwartorzędowymi i kredowymi.

Poziom wodonośny w kredzie piszącej mastrychtu charakteryzuje się podwójnym systemem szczelinowo-porowego gromadzenia i przewodzenia wody. Szczeliny systemów ciosowych i stref przyuskokowego rozluźnienia tektonicznego oraz fugi międzylawicowe decydują o własnościach hydraulicznych masywu, zaś suma otwartej porowatości szczelinowej i mikroszczelinowej oraz intergranularnej – o jego pojemności wodnej. Strefa przypowierzchniowa jest przekształcona procesami wietrzeniowymi. Współczynnik porowatości efektywnej w niezwiertzałej strefie saturacji osiąga wartości $n_e=0,02-0,06$ i kształtowany jest przez współczynnik szczelinowości objętościowej górotworu $n_s=0,005-0,01$ oraz kontaktującą się z systemami szczelin częścią otwartej porowatości matrycy skalnej $n_{MP}=0,02-0,05$. Dostępna dla wody otwarta porowatość międzyagregatowa i mikroszczelinowa kredy piszącej jest wysoka i sięga $n_o=30-40\%$ (Drażkowski, 1981), jednakże w wymianie wód uczestniczy jej niewielka część $n_p=2-5\%$; pozostała część gromadzi wody hydrodynamicznie stagnujące, lecz hydrochemicznie

dostępne dla procesów dyfuzyjnych, co znacznie opóźnia migrację zanieczyszczeń (Herbich, 1995a, 1999b).

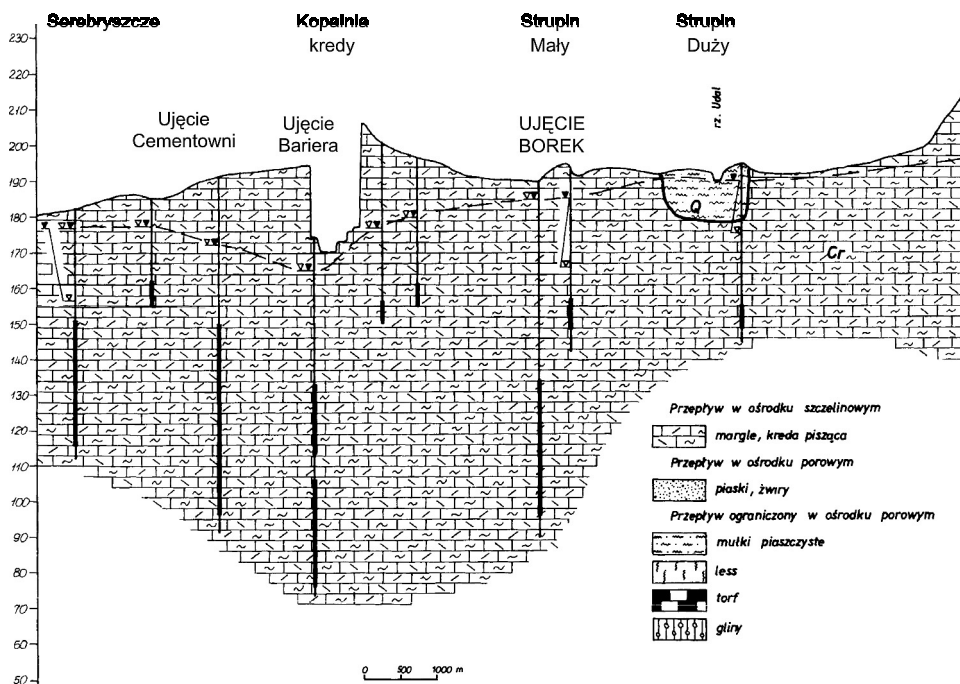
Współczynnik filtracji szczelinowej k_s średni w profilu pionowym kredowego poziomu wodonośnego wynosi najczęściej $10^{-4} < k_s < 10^{-5}$ [m/s] i zależy od własności mechanicznych skał – ich podatności na spękania i zdolności do utrzymywania rozwartości szczelin (Krajewski, 1972; Herbich, 1980, 1995b). Współczynnik filtracji porowej k_p mieści się w granicach $10^{-6} < k_p < 10^{-8}$ [m/s], co cechuje skały



Rys. 7.2.3. Profile hydrogeologiczne i techniczne typowych studni ujęcia MPGK Borek w Strupinie (studni nr 4 i nr 11). Warstwa wodonośna – spękana kreda pisząca, w stropie gruz zwietrzelinowy. Średnice [mm]: Ø 457 – rur cembrowych (zacementowane w otworze 508 mm), Ø 406 – otworu, Ø 356 – rury filtrowej (rura wiertnicza z perforacją 25% na odcinku filtrowym o długości 45–38 m). 1968 – położenie zwierciadła wody w otworze w 1968 r. Min.–maks. – strefa wahań zwierciadła dynamicznego wody podczas eksploatacji ujęcia

słabo- i półprzepuszczalne. Zróżnicowanie wodoprzepuszczalności w profilu pionowym uwarunkowane jest zmiennością litologiczną poszczególnych warstw; niektóre z nich pełnią rolę półprzepuszczalnych przesłon na skutek słabego wykształcenia szczelin lub ich zaciśnięcia. Obecność takich przewarstwień w strefie aeracji powoduje powstawanie poziomów zawieszonych, a w strefie saturacji – zjawiska lokalnego napinania zwierciadła wody. Spąg strefy wodonośnej w szczelinowym masywie kredy piszącej sięga głębokości około 60–100 m pod powierzchnią terenu. Poniżej masyw kredowy staje się słabo i półprzepuszczalny na skutek geostatycznego zaciskania szczelin i praktycznie nie prowadzi wody wolnej (Krajewski, 1972; Herbich, 1995a, b).

Pozioma zmienność wodoprzepuszczalności zależna jest przede wszystkim od zaangażowania tektonicznego utworów kredy górnej. Strefy rozluźnienia i zwiększonej szczelinowatości górotworu charakteryzują się wartościami wodoprzepuszczalności osiągającymi $10^{-2} > k_s > 10^{-4} \text{ m/s}$ – o rząd wielkości wyższymi od sąsiadującego masywu poza zasięgiem tensyjnego pola naprężeń w górotworze. Przestrzenne zróżnicowanie przewodności T poziomu wodonośnego w kredzie piszącej okolic Chełma – rozpoznane pompowaniami próbnymi studni – jest bardzo duże, zarówno w skali ściśle lokalnej, jak i regionalnej (Herbich, 1980, 1983). Przewodność zmienia się od $T=50\text{--}250 \text{ m}^2/\text{d}$ w rejonie na południowy wschód



Rys. 7.2.4. Przekrój hydrogeologiczny przez rejon ujęcia Borek, kopalni kredy piszącej Cementowni Chełm i ujęcia wodociągowo-odwodnieniowego Bariera (Herbich, Knyszyński, 1998)

od centrum Chełma (zatem w strefie studni i obszaru zasilania ujęcia Borek) do $T=400\text{--}1000\text{ m}^2/\text{d}$ na wschód i w centrum Chełma oraz lokalnie $T=2000\text{--}6000\text{ m}^2/\text{d}$ w wąskich strefach biegnących przez centralną część miasta (ujęcia PKP i ZPOW) i w rejonie północnej części kopalni kredy (ujęcie Bariera i cementownia Chełm I). Najniższe wartości przewodności ujętej warstwy stwierdzono właśnie w rejonie Strupina Małego (SE podnóże pagóra, na którym leży Chełm) – ujęcia Borek MPGK (tab. 7.2.1, 7.2.3).

Istotną rolę w kształtowaniu się zmian wodoprzepuszczalności spękanego masywu kredowego strefy przyotworowej eksploatowanych studzien wierconych odgrywają własności mechaniczne kredy piszącej. Kreda pisząca jest utworem silnie porowatym o niepełnej petryfikacji i mało odpornym mechanicznie. Cechy te są przyczyną jej podatności na szlamowanie, odkształcenia plastyczne i sufozję mechaniczną zwłaszcza w obszarach, gdzie jej pierwotna struktura została przekształcona długotrwałymi i wielokrotnie odnawianymi procesami tektonicznymi, wytwarzającymi rozległe strefy zmylonityzowane (Herbich, 1980). Cechy te kształtują niską odporność jej struktury na zniszczenie w wyniku pęcznienia i skurczu podczas cyklicznych zmian zawodnienia (Drągowski, 1981). Warunki takie zachodzą w strefie przyotworowej studni pracujących w sposób nieciągły, ze zmienną wydajnością, co jest typowe dla wielootworowych ujęć wodociągowych, zaopatrujących odbiorców o zmiennym dobowym i sezonowym rozborze wody (Herbich, 1995b).

Szczególnie wrażliwe na zmiany równowagi mechanicznej ścianek otworu wiertniczego i zmiany nawodnienia skał w efekcie pracy studni są miękkie odmiany kredy piszącej. Wyniki badań eksploatacyjnych zmian oporów dopływu do studni ujmujących szczelinowo-porowe utwory węglanowe górnej kredy Lubelszczyzny wskazują, że w rejonie studzien ujęcia Borek występują szczególnie niekorzystne warunki dla prowadzenia intensywnego poboru wód podziemnych z zachowaniem trwałych parametrów hydraulicznych dopływu i filtracyjnych własności skał.

Zakres wstępnego rozpoznania warunków hydrogeologicznych dla budowy ujęcia Borek

Ujęcie Borek, zgodnie z założeniami przedstawionymi w dokumentacji hydrogeologicznej w kategorii C (Kraków 1962), miało stać się głównym ujęciem komunalnym miasta, którego potrzeby związane z zaopatrzeniem ludności w wodę w 2000 r. określano na $21\,600\text{ m}^3/\text{d}$.

Przedwojenne ujęcie Trubaków, zlokalizowane w dolinie Janówki po zachodniej stronie Chełma, dostarczało wodociągom miejskim nie więcej niż $4000\text{ m}^3/\text{d}$. Brakujące ilości wody na potrzeby komunalne pozyskiwano drogą zakupów z wysoko-wydajnych ujęć kolejowych i przemysłowych, zlokalizowanych w centralnej części miasta. Nieuporządkowana gospodarka wodno-ściekowa w połączeniu z płytkim położeniem zwierciadła górnokredowego poziomu wodonośnego w spękaną kredę piszącą, pozbawionego naturalnej izolacji od powierzchni terenu, przyczyniała się do bakteriologicznego skażenia wód podziemnych.

Pod presją wywołaną kolejną groźną epidemią czerwonki w Chełmie, kierując się pilną potrzebą zapewnienia mieszkańcom miasta zdrowej wody pitnej, pośpiesznie – bez szczegółowego rozpoznania hydrogeologicznego – zatwierdzono zaproponowaną w dokumentacji kategorii C lokalizację ujęcia w Strupinie Małym, a następnie rozpoczęto prace wiertnicze. Nadzieje na pozytywny wynik wiązano z położeniem projektowanego ujęcia nad regionalną dyslokacją w podłożu paleozoicznym, ograniczającą od południa zapadlisko włodawskie, dla której wyznaczono strefę silnie zawodnioną w szczelinowych utworach górnokredowych o rozciągłości NE–SW i obejmującą obydwa szeregi studni (Krajewski, 1972).

Z powodu zagrożenia epidemiologicznego, główną troskę projektantów i inwestora ujęcia stanowiła jakość wód, zwłaszcza bakteriologiczna. Pod tym względem wyniki uzyskane we wstępnym etapie budowy ujęcia były zadowalające – woda z wykonanych w 1965 r. trzech pierwszych studni wierconych o głębokości 100 m (nr 1, 3, 6) w pełni odpowiadała obowiązującym przepisom sanitarnym i składowi chemicznemu dla wód pitnych. Maksymalną wydajność miesięcznego czterostopniowego pompowania zespołowego tych trzech studni – wynoszącą łącznie 214 m³/h – również uznano za sukces, mimo że została ona uzyskana przy wysokich depresjach ($s=25\text{--}45$ m) i niskich wydatkach jednostkowych studni ($q=1,1\text{--}3,3$ m³/h/m), wielokrotnie niższych od przeciętnych wydatków jednostkowych studni ujęć przemysłowych PKP i ZPOW na terenie miasta i w cementowni Chełm I, położonej 2,5 km na NE od Strupina.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia Borek

W latach 1968–1969 wzdłuż dwu równoległych (rys. 7.2.2) linii odwiercono pozostałych 12 studni ujęcia Borek o zbliżonej konstrukcji (rys. 7.2.3) oraz wykonano pompowania próbne indywidualne i zespołowe. Pompowania indywidualne 14 studni ujęcia prowadzono na trzech stopniach dynamicznych trwających po 24 godziny każdy (tab. 7.2.1); studnię nr 10 ze względu na bardzo niski wydatek jednostkowy pompowano na 1 stopniu. Trzystopniowe pompowania zespołowe zostały przeprowadzone w 1969 r. w 4 grupach obejmujących po 3–4 studnie. Taki przebieg pompowań wynikał z braku wystarczającej liczby agregatów prądotwórczych oraz z problemów związanych z odprowadzeniem znacznych ilości wody. Przy trzecim stopniu pompowania trwającym przez okres 15 dni w poszczególnych zespołach studni uzyskiwano wydajności łącznie od 144 do 271 m³/h przy depresjach w poszczególnych studniach od 26 do 47 m. Analizując wyniki pomiarów w studniach, stwierdzano ustalenie się zwierciadła dynamicznego w trakcie końcowej fazy pompowania (Dokumentacja hydrogeologiczna..., 1969).

Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych w rejonie pompowanych studni ujęcia kontrolowano obserwacjami w 8 piezometrach o głębokości 20 m i w studni nr 10 (nie objętej pompowaniem zespołowym) oraz w studniach kopanych we wsi Strupin Mały, Strupin Duży, Józefin i Pokrówka. Na podstawie wyników pomiarów stwierdzono, że ustalony zasięg leja depresji podczas pompowań zespołowych wynosił od 430 do 830 m. Piezometry ulegały dewastacji i po 1978 r. zaprzestano ich renowacji.

Przeprowadzone w dokumentacji obliczenia hydrogeologiczne zostały ograniczone do określenia współczynnika filtracji ujętej warstwy wodonośnej jako średniej arytmetycznej z wyników uzyskanych wzorem Dupuita – z pomocniczym ustaleniem zasięgu leja depresji wzorem Kusakina – dla każdego stopnia próbnego pompowania indywidualnego poszczególnych studni ujęcia.

W oparciu o wyniki pompowań próbnych zespołowych ustalono w dokumentacji hydrogeologicznej zasoby eksploatacyjne ujęcia kategorii B w ilości 720 m³/h dla 14 studni przy ich wydajności od 22 do 83 m³/h i średniej depresji 36,5 m. Zasięg leja depresji określono na 600–800 m od obrysu linii łączącej studnie ujęcia. Podstawą dla wydania decyzji o budowie infrastruktury (uzbrojenie i zabudowa studni, wygrodzenie stref ochrony bezpośredniej, rurociągi technologiczne, stacja uzdatniania, pompownia II stopnia, budynki centralnej sterowni i zaplecza techniczno-socjalnego, magistrała wodociągowa), a następnie udzielenia pozwolenia wodnoprawnego na pobór wody była dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wody podziemnej w kategorii B z utworów kredowych dla ujęcia wodociągowego miasta Chełm Lubelski w miejscowości Strupin (PG Lublin 1969).

Pobór wody i oddziaływanie ujęcia Borek na stan wód podziemnych

W 1973 r. włączono do eksploatacji pierwsze trzy studnie (nr 6, 7 i 8), z których do roku 1976 kierowano do wodociągów 2,5–3,5 tys. m³ wody na dobę. Uruchomienie pozostałych studni ujęcia planowano na przełom 1976 i 1977 r. Prowadzone kontrolne obserwacje w piezometrach i w nieczynnych studniach ujęcia wskazywały na większy zasięg i głębokość leja depresji wywołanego pracą 3 studni niż określony pomiarami podczas próbnego pompowania grupowego w 1965 i w 1969 r.

W 1975 r. został przyjęty plan schodzenia na niższe poziomy eksploatacyjne w kopalni kredy piszącej (surowca do cementowni Chełm), co miało skutkować interferencją lejów depresji systemu odwadniania kopalni i ujęcia Borek. W tej sytuacji przeprowadzono renowację zdewastowanych piezometrów w rejonie ujęcia Borek w ramach budowy sieci monitoringu zwierciadła wód podziemnych w okolicy Chełma oraz podjęto decyzję o przyspieszonym zwodociągowaniu wsi Strupin Mały i Duży.

W lutym 1977 r. pracowało już 14 studni ujęcia, uzyskując łączną wydajność 10 070 m³/d. Studnia nr 10 nie została włączona do eksploatacji ze względu na bardzo niską produktywność i spełniała rolę piezometru.

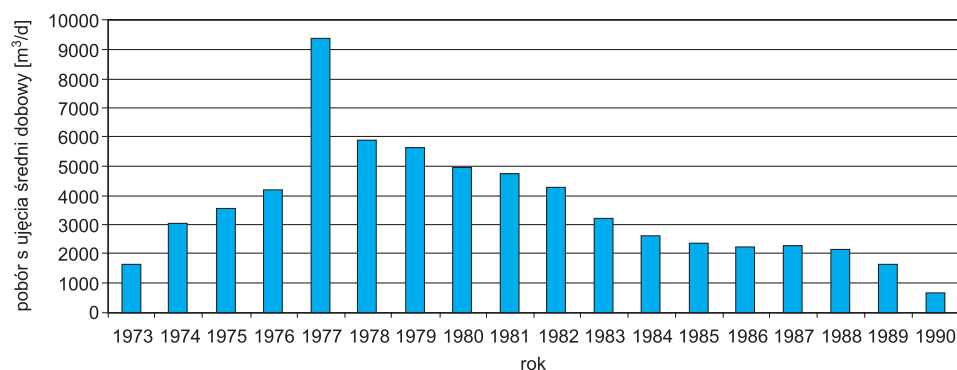
Do sierpnia 1977 r. produkcja wody na ujęciu wynosiła 10 600–10 400 m³/d (440–430 m³/h), która okazała się maksymalną możliwą do uzyskania wydajnością ujęcia. Zwierciadło dynamiczne wody w studniach obniżyło się na głębokość zatopienia pomp, co spowodowało konieczność dławienia wypływu na głowicy w celu zredukowania poboru; następnym krokiem była wymiana pomp w studniach na mniej wydajne. Głębokość zatopienia pomp – związana z położeniem górnej krawędzi perforacji rury filtrowej – wyznaczała możliwe do wytworzenia obniżenie zwierciadła wody. Studnie – mimo pracy w warunkach maksymalnej depresji – stale zmniejszały swą wydajność do $Q=4\text{--}15\text{ m}^3/\text{h}$ przy indywidualnej depresji eksploatacyjnej $s_E=23\text{--}36\text{ m}$ ($s_E=23\text{--}36\text{ m}$) i obniżeniu zwierciadła wody w centrum ujęcia nie przekraczającym około 11 m. Łączny pobór wód z ujęcia Borek systema-

tycznie spadał, osiągając średnio 5900 m³/d w 1978 r., 5600 m³/d w 1979 r., 5000 m³/d w 1980 r., 4700 m³/d w 1981 r., 4300 m³/d w 1982 r., 3200 m³/d w 1983 r., 2600 m³/d w 1984 r., 2300 m³/d (95 m³/h) w 1985 r. i ta wartość – stanowiąca 13% zasobów eksploatacyjnych ujęcia – nie została już przekroczona do czasu jego ostatecznego wyłączenia w 1990 r. (rys. 7.2.5).

Zasięg i głębokość leja depresji oraz powierzchnia obszaru spływu wód do ujęcia Borek były systematycznie kontrolowane w latach 1973–1980 w ramach badań zmian reżimu odnawialności zasobów wód podziemnych, zachodzących w wyniku intensywnej skoncentrowanej eksploatacji ujęć wód podziemnych Chełma (Herbich, 1983, 1989).

W ramach tych badań jedenastokrotnie wykonano hydrogeologiczne zdjęcie kartograficzne, rejestrujące chwilowy (jednorodny czasowo) stan zwierciadła wód podziemnych w różnym naturalnym stanie odnawialności i retencji wód podziemnych oraz różnej wysokości poboru z ujęć, w tym z ujęcia Borek w Strupinie (rys. 7.2.6). Analiza powierzchni hydroizohips prowadząca do wyznaczenia wododziałów podziemnych umożliwiła określenie chwilowego (na okres pomiarów) zasięgu obszarów spływu wód podziemnych do ujęć. Powierzchnia tak wyznaczonego obszaru spływu wód podziemnych do ujęcia Borek zmieniała się od 4,6 km² (pobór średni 2130 m³/d, średni naturalny stan retencji wód podziemnych) do 18,2 km² (pobór średni 10500 m³/d, średnio-wysoki naturalny stan retencji wód podziemnych). Przy poborze 5900–5200 m³/d – w zależności od infiltracji opadów i stanu retencji wód podziemnych – powierzchnia obszaru spływu zmieniała się w granicach 7,7–12,2 km².

Pobór z ujęcia Borek, stanowiący wydatek antropogenicznej strefy drenażu wód podziemnych, był podstawą dla ustalenia średniego okresowego wskaźnika odnawialności zasobów wód podziemnych dla obszaru spływu wód do ujęcia (obszaru zasilania). W obszarze spływu wód podziemnych do ujęcia Borek wskaźnik i_E odnawialności zasobów wód podziemnych, reprezentatywny dla warunków średnich wieloletnich, wyniósł $i_E = 175$ mm/r, dla cyklu lat posusznych $i_E = 140$ mm/r, zaś dla serii lat mokrych $i_E = 270$ mm/r. Wartość średniego wieloletniego wskaźnika i_E dla obszaru zasilania ujęcia Borek była porównywalna z takim wskaźnikiem ustalonym dla obszarów zasilania innych ujęć w rejonie Chełma: $i_E = 180$ mm/r dla ujęć



Rys. 7.2.5. Ujęcie Borek MGKK w Chełmie – pobór wody dobowy średni w roku

cementowni Rejowca Fabrycznego, $i_E=165$ mm/r dla ujęcia Trubaków MPKG w Chełmie.

Ustalono również strukturę genetyczną zasobów eksploatacyjnych ujęcia (tab. 7.2.2), obejmujących infiltrację efektywną naturalną oraz zasoby odnawialne wzbudzone w zdepresjonowanych obszarach płytko położonego zwierciadła wód podziemnych i w wyniku spadku drenażu ewapotranspiracyjnego w osuszonych mokradłach, a także obejmujących wody z dolnych partii poziomu wodonośnego ujęte głębokimi studniami wierconymi, które w warunkach naturalnych nie biorą udziału w lokalnym systemie krążenia zlewni Uherki i Udału – dopływów Bugu (Herbich, 1983, 1989). Zwraca uwagę wysoki udział zasobów wzbudzonych w ogólnej ilości eksploatacyjnych zasobów odnawialnych wód podziemnych w obszarach spływu wód do ujęć Chełma, wynoszący od 44% (Ujęcie Borek) do 56% (ujęcia w dzielnicy przemysłowej Chełma Okszowska).

W obszarach o reżimie zasilania i drenażu wód podziemnych nie zmienionym intensywną eksploatacją ujęć oraz o znacznym udziale podmokłości i niepełnej penetracji hydraulicznej układu krążenia przez rzeki, moduł odpływu podziemnego średni dla lat 1971–1980 wynosi od 40 mm/r (zlewnia rz. Udał) do 105 mm/r (Garka), zaś moduł zasilania dolinnych stref drenażowych 90–140 mm/r.

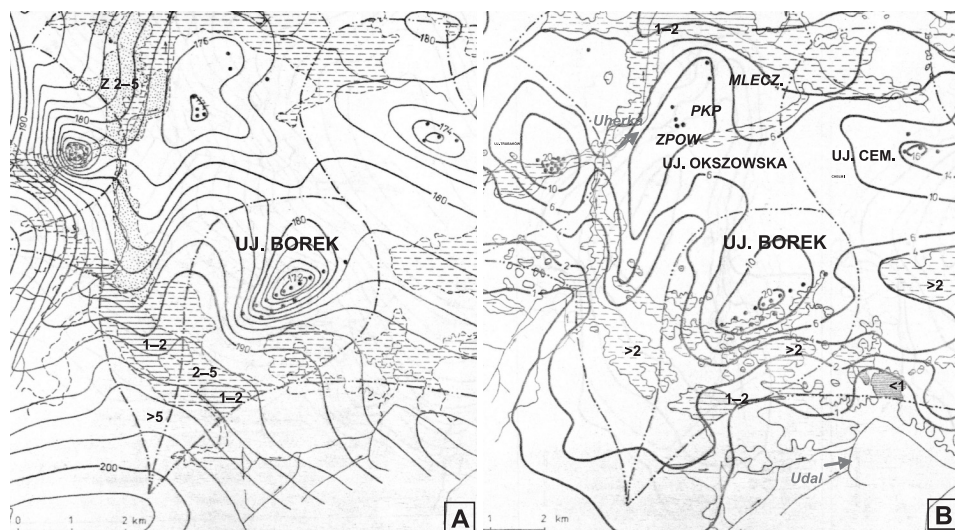
Monitoring hydrogeologiczny kontynuowano w ramach dydaktyki i własnych badań Zakładu Hydrogeologii Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, wykonując od 1984 r. corocznie na początku lata szczegółowe zdjęcie kartograficzne stanu zwierciadła wód podziemnych, obejmujące obszary spływu do wszystkich ujęć w rejonie Chełma (Herbich i in., 1984–1998).

Zbilansowanie poboru ujęcia Borek w wysokości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych $Q_E=17\,300$ m³/d, w warunkach średniej odnawialności wód podziemnych $i_E=480$ m³/d × km² zachodziłoby w obszarze spływu wód do ujęcia o powierzchni $A_u=36$ km². Wytworzenie tak rozległego obszaru zasilania nie byłoby

Tabela 7.2.2. Struktura genetyczna eksploatacyjnych zasobów odnawialnych ujęć wód podziemnych w rejonie Chełma. Wartości reprezentatywne dla lat 1971–1980 (Herbich, 1989)

Nazwa ujęcia	A_u km ²	A_o km ²	Q_u m ³ /d	Geneza i udział zasobów wzbudzonych Q_w poborem wód z ujęcia											
				Q_{wk}				Q_{we}				Q_{wp}			
				% Q_w	% Q_u	m ³ /d	% Q_w	% Q_u	m ³ /d	% Q_w	% Q_u	m ³ /d	% Q_w	% Q_u	m ³ /d
Borek	8,4	2,0	24	3840	890	52,4	23,2	810	47,6	21,1	–	–	–	1700	44,3
Cem. Chełm I	21,3	5,3	25	7640	1840	52,9	24,1	1640	47,1	21,5	–	–	–	3480	45,6
Trubaków	8,3	1,3	16	4640	910	37,9	19,6	470	19,6	10,1	1020	42,5	22	2400	51,7
Okszowska	20,7	4,6	22	9430	1810	34,1	19,2	1360	25,6	14,4	2140	40,3	22,7	5310	56,3

Objaśnienia: A_u – powierzchnia obszaru zasilania (spływu wód do ujęcia); A_o – powierzchnia osuszonych mokradel i podmokłości w obrębie A_u ; Q_u – pobór wód podziemnych w obszarze zasilania ujęcia; Q_w – zasoby wzbudzone wód podziemnych: Q_{wk} – w wyniku pełnej penetracji hydraulicznej poziomu górnokredowego przez ujęcie (przejęcia wód z układu krążenia regionalnego); Q_{we} – w wyniku redukcji drenażu ewapotranspiracyjnego wód podziemnych i wzrostu infiltracji opadów po osuszeniu mokradel; Q_{wp} – pochodzące z wymuszonej infiltracji wód powierzchniowych (z rzeki Janówki i Uherki)



Rys. 7.2.6. Mapa hydroizohips w m n.p.m. (A) i depresji w m (B) poziomu górnokredowego w rejonie Chelma w listopadzie 1979 r. (Herbich, 1983). Średni stan retencji naturalnej wód podziemnych, średni pobór wody Q_u z ujęcia Borek z okresu $Dt=6$ mies poprzedzającego pomiar zwierciadła: $Q_u=5840 \text{ m}^3/\text{d}$. Linia przerywaną z kropkami zaznaczono zasięg obszarów A_u spływu wód do ujęć (dla ujęcia Borek $A_u=12,2 \text{ km}^2$). Szrafurą zaznaczono: A – głębokość do zwierciadła wody poziomu użytkowego (1-2, 2-5, $>5 \text{ m}$) i wód zawieszonych w aluwkach (Z2-5); B – wysokość zdepresjonowania zwierciadła wód podziemnych w obszarach osuszonych mokradeł (<1 , 1-2, $>2 \text{ m}$)

możliwe do uzyskania z 14 studzien ujęcia Borek lecz wymagałoby budowy dodatkowych około 25 studni rozmieszczonych w dwu kolejnych szeregach, oddalonych od siebie co najmniej o 500 m. Wiązałoby się to z koniecznością przeznaczenia dodatkowych terenów pod strefy ochronne ujęcia oraz ustalenia konstrukcji studni dla utrzymania założonych parametrów hydraulicznych w trakcie ich eksploatacji, uwzględniającej podatność kredy piszącej na odkształcenia plastyczne i szlamowanie. Byłyby to wówczas bosc otwory szeroko dymensyjne ($\varnothing \geq 600 \text{ mm}$, bezfiltrowe), co stwarzałoby warunki dla pompowania przy minimalnym udziale turbulencji i bez spadku przepuszczalności strefy przyotworowej, z depresją nie schodzącą poniżej buta rur cembrowych posadowionych nie głębiej niż 25 m i stałym wydatkiem pompowania nie wyższym niż $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Wiązałoby się to również z wykonaniem nowych studni w miejsce starych 100-metrowych.

Z przeprowadzonej analizy został wyciągnięty wniosek o braku hydrogeologicznego uzasadnienia dla takiego rozwiązania w sytuacji znacznie dogodniejszych hydrodynamicznych warunków eksploatacji ujęcia wód podziemnych Bariera (Krajewski i in., 1978; Krajewski, 1983; Herbich, 1991).

Początkowa i eksploatacyjna sprawność hydrauliczna studni ujęcia

W ramach opracowania ekspertyzy mającej określić celowość dalszej eksploatacji lub likwidacji ujęcia Borek (Herbich, 1991) ustalono powykonawczą sprawność hydrauliczną studni ujęcia z okresu indywidualnych pompowań próbnych, współczynniki oporów filtracji laminarnej i oporów dodatkowych fluacji w strefie przyotworowej oraz parametry hydrogeologiczne warstwy wodonośnej, zgodnie ze wzorami (Bruin, Hudson, 1955, za: Siwek, Mańkowski, 1978; Herbich, Krajewski, 1985; Herbich, 1995b):

$$s_n = s_B + s_{Dn} = BQ_n + CQ_n^2 \quad [1]$$

$$C_n = \frac{\frac{s_n}{Q_n} - B}{Q_n} \quad [2]$$

$$s'_n = \frac{s_n}{Q_n} \quad [3]$$

$$T = \frac{1,2}{B} \quad [4]$$

gdzie:

s_n [m] – depresja w studni na n-tym stopniu pompowania próbnego z wydajnością Q_n ,

B [h/m²] – współczynnik liniowych oporów dopływu do studni w warstwie wodonośnej (filtracja laminarna, strumień płasko-radialny),

C [h²/m⁵] – współczynnik dodatkowych (nieliniowych) oporów dopływu (oporów powstających w wyniku fluacji – przepływu turbulentnego, spadku przepuszczalności w strefie przyotworowej i zeskoku hydraulicznego na filtrze oraz zmniejszenia przekroju strumienia w strefie przyotworowej),

s_B [m] – część depresji wynikająca z liniowych oporów dopływu do studni,

s_{Dn} [m] – część depresji wynikająca z nieliniowych (dodatkowych) oporów dopływu do studni,

T, k – gdzie $T=kH$ – przewodnictwo wodne T [m²/h] i współczynnik filtracji k [m/h] ujętej warstwy wodonośnej (ustalone z założeniem wartości: $\mu=0,03$, $t=24$ h, $r=0,2$, $H=80$ m, gdzie: μ – współczynnik odsączalności grawitacyjnej, t – czas pompowania na n-tym stopniu, r – promień zafiltrowanego otworu, H – miąższość warstwy wodonośnej).

W analizie powykonawczych parametrów studni i poziomu wodonośnego (tab. 7.2.3, rys. 7.2.7) zwraca uwagę wysoka wartość współczynnika B liniowych oporów dopływu do studni w warstwie wodonośnej wynosząca średnio $B=0,26$ h/m², wynikająca z tego niska wartość współczynnika filtracji warstwy wodonośnej, wynosząca średnio $k=2,2 \times 10^{-5}$ m/s (zmienna w zakresie $0,7 < k < 4,8 \times 10^{-5}$ m/s) oraz wysoka wartość powykonawczego współczynnika C oporów dodatkowych dopływu do studni, wynosząca dla wydajności eksploatacyjnej średnio $C=0,013$ h²/m⁵ ($0,0032 < C < 0,049$ h²/m⁵), co ponad 10-krotnie przekracza wartość progową dla

studni o najniższej sprawności hydraulicznej, zagrożonych szybkim spadkiem produktywności i krótkim czasem eksploatacji (wg kryteriów Waltona, za: Siwek, Mańkowski, 1978).

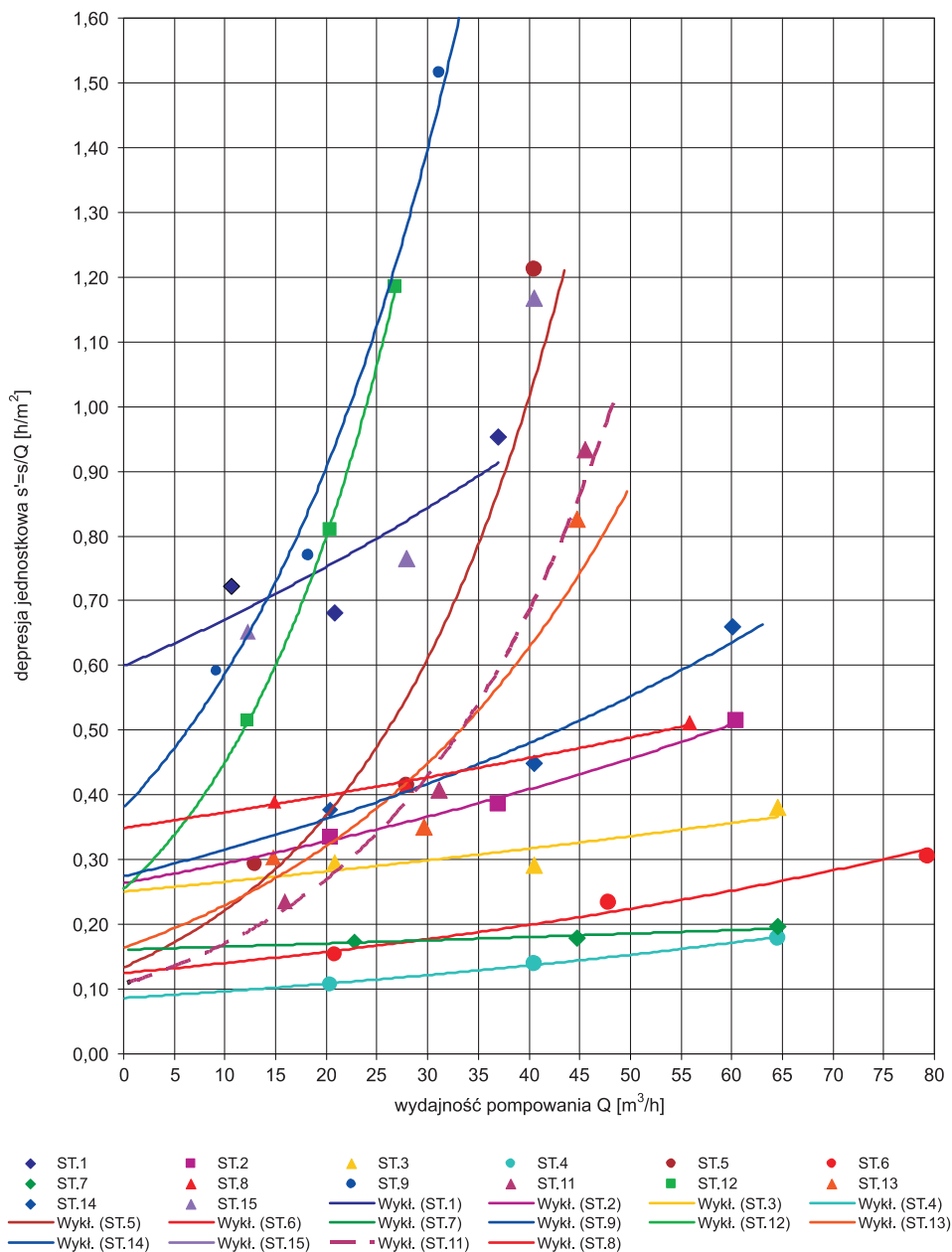
O niekorzystnym charakterze własności filtracyjnych kredy piszącej w rejonie Strupina świadczą własności filtracyjne kredy piszącej w rejonie cementowni i powykonawcze opory filtracyjne dopływu do studzien ujęcia Bariera, o podobnej głębokości i konstrukcji, oraz do studni ujęcia Borek, również ujmujących wody ze spękanej kredy piszącej.

Wartość współczynnika B liniowych oporów dopływu do studni w warstwie wodonośnej ujmowanej przez studnie Bariery wynosiła średnio $0,052 \text{ h/m}^2$ (zmienność w zakresie $0,009 < B < 0,13 \text{ h/m}^2$), co jest 5-krotnie niższą wartością niż w warstwie wodonośnej ujmowanej przez studnie ujęcia Borek. Wartość współczynnika filtracji warstwy wodonośnej w rejonie ujęcia Bariera wynosi średnio $k = 17 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ (zmienna w zakresie $2,2 < k < 84 \times 10^{-5} \text{ m/s}$) – 8-krotnie więcej niż w rejonie ujęcia Borek. Natomiast współczynnik C powykonawczych oporów dodatkowych dopływu do studni, wynoszący średnio $C = 0,00056 \text{ h}^2/\text{m}^5$ ($0,00004 < C < 0,00230 \text{ h}^2/\text{m}^5$) dla I stopnia pompowania próbnego $QI = 21\text{--}50 \text{ m}^3/\text{h}$, był 23-krotnie niższy od studni ujęcia Borek. Podobne relacje analizowanych parametrów zachodzą w porównaniu ze studniami ujęcia Zakładów Przetwórstwa Owocowo-Warzywnego i cementowni Chełm.

Tabela 7.2.3. Powykonawcze parametry hydrauliczne studni ujęcia Borek–Strupin i własności hydrogeologiczne warstwy wodonośnej w rejonie ujęcia Borek (obj. – wz.)

Nr studni w ujęciu	Depresja jednostkowa s_n' na n-tym stopniu pompowania indywidualnego studni			Powykonawczy wsp. oporów dopływu B i C dla Qeksp zatwierdzonej w kat. B (składowe depresji s_b i s_o dla Qeksp)				Przewodnictwo wodne T i współczynnik filtracji k warstwy wodonośnej			
	n=1	n=2	n=3	B	s_b	s_o	C_n	T	T	k	k
	h/m^2	h/m^2	h/m^2	h/m^2	m	m	h^2/m^5	m^2/h	m^2/d	10^{-5} m/s	m/d
1	0,723	0,681	0,952	0,598	27,69	20,61	0,00962	2,0	48	0,70	0,60
2	0,334	0,387	0,516	0,264	21,60	21,40	0,00320	4,5	109	1,58	1,36
3	0,297	0,291	0,381	0,251	24,75	5,25	0,00054	4,8	115	1,66	1,43
4	0,108	0,140	0,180	0,087	8,53	20,47	0,00213	13,8	331	4,79	4,14
5	0,293	0,415	1,212	0,134	6,03	39,97	0,01974	9,0	215	3,11	2,69
6	0,153	0,234	0,306	0,126	12,29	17,22	0,00181	9,5	229	3,31	2,86
7	0,174	0,179	0,196	0,161	16,62	11,38	0,00107	7,5	179	2,59	2,24
8	0,390	0,415	0,511	0,350	21,53	21,48	0,00568	3,4	82	1,19	1,03
9	0,592	0,771	1,517	0,381	11,81	36,19	0,03766	3,1	76	1,09	0,94
10	4,222										
11	0,235	0,408	0,933	0,108	5,40	38,60	0,01544	11,1	267	3,86	3,33
12	0,514	0,810	1,186	0,255	7,27	39,73	0,04892	4,7	113	1,63	1,41
13	0,304	0,351	0,825	0,164	7,95	38,55	0,01639	7,3	176	2,54	2,20
14	0,378	0,449	0,660	0,275	17,74	28,26	0,00679	4,4	105	1,52	1,31
15	0,653	0,766	1,168	0,487	21,67	24,83	0,01254	2,5	59	0,86	0,74

Wystarczające zaopatrzenie Chełma w wodę zapewniło od 1988 r. podłączenie do wodociągów miejskich pierwszych 9 studni ujęcia MPWiK Bariera, zlokalizowanego w obrębie kopalni odkrywkowej kredy piszącej w Chełmie na linii o długości



Rys. 7.2.7. Zależność depresji jednostkowej s' ($s' = s/Q$) od wydajności Q studzien ujęcia Borek podczas próbnych trzostopniowych pompowań indywidualnych w latach 1968–1969

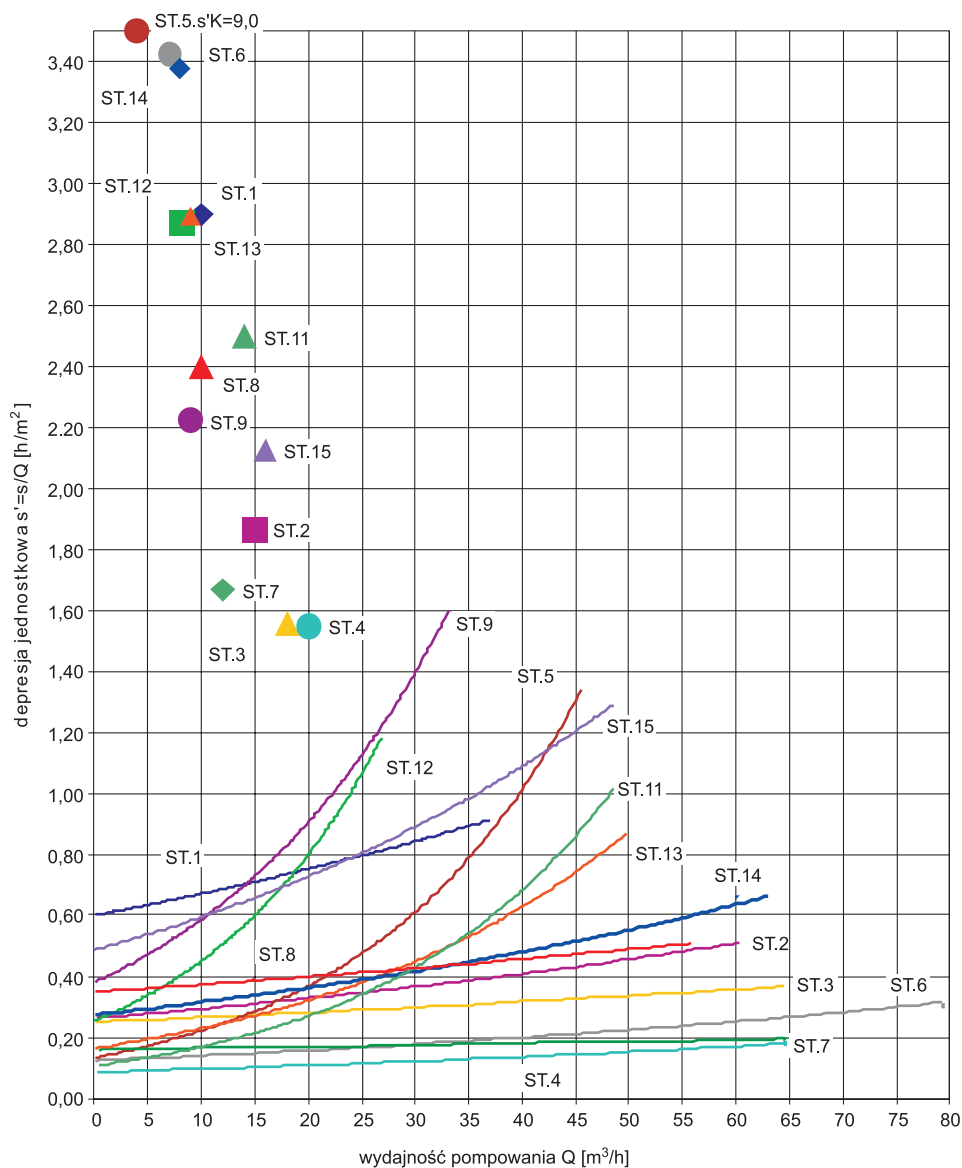
2,13 km i składającego się z 15 studni o głębokości 100–110 m. Zgodnie z wynikami modelowych badań studialnych nad racjonalnym zagospodarowaniem zasobów wód podziemnych w rejonie Chełma (Krajewski i in., 1978), ujęcie Bariera zostało zaprojektowane jako odwodnieniowo-wodociągowe z docelową wydajnością 23 000 m³/d. Zasoby eksploatacyjne kategorii B tego ujęcia w ilości 1000 m³/h zostały zatwierdzone w 1983 r. na podstawie wyników przeprowadzonych w latach 1981–1982 trzydobowych pompowań próbnych indywidualnych i 8-dobowego pompowania zespołowego 4 studni.

Tabela 7.2.4. Wydajności i depresje eksploatacyjne studni ujęcia Borek ustalone dokumentacją hydrogeologiczną (1969) w oparciu o pompowania próbne (1968–1969) oraz obserwowane pod koniec eksploatacji ujęcia (w latach 1989–1990)

Nr studni w ujęciu	Ustalona wydajność i depresja eksploatacyjna studni		Wydajność Q_{EK} i depresja s_{EK} oraz wydajność jednostkowa q_{EK} i depresja jednostkowa s'_{EK} pod koniec eksploatacji studni				Wskaźnik spadku wydajności ^{G)} studni	Początek eksploatacji studni	Wyłączenie z eksploatacji	Głębokość do zwierciadła wody	
	Q_E	s_E	Q_{EK}	s_{EK}	q_{EK}	s'_{EK}				1965	1991 ^{B)}
	m ³ /h	m	m ³ /h	m	m ³ /h	h/m ²	δ	rok	mies./r.	m	m
1	46,3	48,3	10	29	0,345	2,900	4,0	1976	VI 90	2,6	7,2
2	81,8	43,0	15	28	0,536	1,867	5,6	1976	V 90	2,8	10,6
3	98,6	30,0	18	28	0,643	1,556	5,2	1977	VI 89	1,1	9,6
4	98,0	29,0	20	31	0,645	1,550	14,4	1977	V 89	3,7	12,6
5	45,0	46,0	4	36	0,111	9,000	30,7	1976	III 83	1,8	11,9
6	97,5	29,5	7	24	0,292	3,429	22,3	1973	III 90	1,6	10,8
7	103,2	28,0	12	20	0,600	1,667	9,6	1973	I 90	3,0	11,2
8	61,5	43,0	10	24	0,417	2,400	6,2	1973	IV 90	3,2	11,4
9	31,0	48,0	9	20	0,450	2,222	3,8		V 90	2,0	8,8
10	6,0	30,0	– ^{C)}	–				– ^{C)}	–	2,0	8,8
11	50,0	44,0	14	35	0,400	2,500	10,6	1977	X 90	1,6	10,1
12	28,5	47,0	8	23	0,348	2,875	5,6	1977	I 89	1,4	7,3
13	48,5	46,5	9	26	0,346	2,889	9,5	1977	I 89	1,5	8,4
14	64,5	46,0	8	27	0,296	3,375	8,9	1977	III 89	1,5	9,0
15	44,5	46,5	16	34	0,471	2,125	3,3	1977	VI 89	1,3	8,1
1–15	904,9 ^{D)}	40,3 ^{F)}	160 ^{E)}	27,5 ^{F)}	0,421 ^{F)}	2,88 ^{F)}	10,0 ^{F)}			2,1 ^{F)}	9,7 ^{F)}

A) – wydajność pompowania studni według odczytów z wodomierza, depresja określona jako różnica pomiędzy głębokością do zwierciadła wody w studni podczas pracy przed wyłączeniem pompy i po półgodzinie od jej wyłączenia (praktycznie – zeskok hydrauliczny w strefie przyotworowej), B) – ujęcie wyłączone z eksploatacji – studnie do likwidacji; teren ujęcia Strupin znajduje się w zasięgu leja depresji ujęcia wodociągowego MPGK Chełm (jednocześnie odwadniającego odkrywkową kopalnię kredy piszącej cementowni Chełm), C) – studnia nie włączona do eksploatacji (służąca jako piezometr), D) – suma wydajności eksploatacyjnych poszczególnych studzien (1969), E) – suma wydajności studni w latach 1989–1990 – maksymalna końcowa wydajność ujęcia, F) – wartość średnia w ujęciu, G) – wskaźnik spadku wydajności studni $\delta = q_{EK} / q_{KI}$ – stosunek wydajności jednostkowej studni: początkowej q_{KI} do końcowej q_{EK} (dla I stopnia pompowania)

W sytuacji wdrożenia nowej koncepcji zaopatrzenia miasta w wodę MPGK w Chełmie zleciło ekspertyzę dotyczącą oceny stanu studni ujęcia Borek (Herbich, 1991a, b). W ramach badań przeprowadzonych na potrzeby ekspertyzy wykonano trzystopniowe pompowanie badawcze studni nr 11, które wykazało niską przewodność warstwy wodonośnej ($T=36 \text{ m}^2/\text{d}$) i wysokie opory dodatkowe dopływu, wyra-



Rys. 7.2.8. Porównanie depresji jednostkowej s' studni ujęcia Borek podczas próbnych trzystopniowych pompowań indywidualnych w latach 1968–1969 (krzywe zależności s' od Q) i pod koniec eksploatacji ujęcia w latach 1989–1990 (punkty o współrzędnych $[s', Q]$)

żone współczynnikiem Jacoba $CJ=0,00220 \text{ h}^2/\text{m}^5$ przy wydajności $3 \text{ m}^3/\text{h}$ i depresji $s=2,0 \text{ m}$ oraz $CJ=0,05500 \text{ h}^2/\text{m}^5$ przy wydatku $24 \text{ m}^3/\text{h}$ i depresji $s=47,3 \text{ m}$.

Na podstawie analizy porównawczej wartości oporów dopływu do studni i parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej, ustalonych w oparciu o wyniki pompowań próbnych z 1968 r. i określonych na podstawie parametrów eksploatacyjnych studni z 1989 r., stwierdzono średnio 10-krotny spadek δ wydajności jednostkowej $q \text{ [m}^2/\text{h]}$ studni w ujęciu, zróżnicowany w przedziale od $\delta=3,3$ do $\delta=31$ (tab. 7.2.3, 7.2.4, rys. 7.2.8).

Wyniki ekspertyzy stanowiły hydrogeologiczne i techniczne uzasadnienie dla zaprzestania eksploatacji studni, co stało się podstawą dla podjęcia decyzji przez MPGK w Chełmie o likwidacji ujęcia Borek (Herbich, 1991). Pozostawiono infrastrukturę ujęcia, obejmującą m.in. stacje uzdatniania i sterownię centralną, które zostały wykorzystane po przyłączeniu ich do magistrali prowadzącej wodę z ujęcia Bariera.

Likwidacja studni odbyła się w 1991 r. poprzez usunięcie z otworów rur filtrowych, a także w części studni – rur cembrowych, z wykorzystaniem podnośników hydraulicznych. W trakcie usuwania rur filtrowych stwierdzano ich zaciśnięcie w otworach, natomiast po wyciągnięciu rur – obserwowano skutki plastycznego odkształcenia się ścianek otworu w postaci warkoczy kredy piszącej, wciśniętych do wnętrza rur poprzez perforację. Wyjaśniało to przyczyny drastycznego spadku wydajności jednostkowej i całkowitej studni w trakcie ich eksploatacji.

Ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Poważnymi mankamentami etapu projektowego (dokumentacja w kategorii C, Kraków 1962) i wstępnych badań po odwierceniu, zarurowaniu i pompowaniu pierwszych trzech studni ujęcia Borek (1965) był brak szeregu badań i analiz, których wykonanie pozwoliłoby na weryfikację wstępnej lokalizacji ujęcia, ocenę własności mechanicznych i filtracyjnych kredy piszącej, wybór optymalnej konstrukcji i ustalenie dopuszczalnej wydajności studni oraz dokonanie prognozy depresji regionalnej i zakresu zmian pola hydrodynamicznego. W szczególności wśród tych braków należy wymienić:

- Brak choćby orientacyjnej prognozy hydrodynamicznej dla rejonu ujęcia, która obejmowałaby ocenę depresji regionalnej, niezbędnej do uformowania obszaru zasilania ujęcia zlokalizowanego w strefie wododziałowej (wprawdzie nie dysponowano jeszcze wówczas technikami modelowania matematycznego, lecz możliwe było dokonanie obliczeń analitycznych z zastosowaniem tzw. metody wielkiej studni oraz wykorzystanie metody analogii hydrogeologicznej).
- Brak oceny stopnia interferencji leja depresji ujęcia Borek i leja depresji systemu odwodnienia kopalni kredy piszącej z planowanym schodzeniem co 10 lat na kolejne głębsze o 10 m poziomy eksploatacyjne (wyjaśnienie jak wyżej).
- Nie przeprowadzono możliwych do wykonania w 1965 r. badań podczas wiercenia i pompowania pierwszych trzech studni rozpoznawczych, które obejmowałyby:

- wiarygodną ocenę typu kredy piszącej oraz jej własności mechanicznych i filtracyjnych (cenniki wierceń stymulowały zaliczanie przewiercanych utworów do wyższych klas twardości, co w przypadku ponad 60% studni ujęcia Strupin powodowało klasyfikowanie kredy jako twardej i marglistej),
- ocenę stopnia zróżnicowania wodoprzepuszczalności w profilu pionowym poziomu wodonośnego (brak pompowania otworów na płytszych głębokościach),
- określenie zeskoku hydraulicznego w strefie przyotworowej podczas pompowania indywidualnego (nie przewidziano wykonania płytkiego piezometru w niewielkiej odległości od studni), co umożliwiłoby korektę projektowanej konstrukcji studni lub wręcz zmianę lokalizacji ujęcia,
- ustalenie przyczyn niskiej wartości wydatku jednostkowego q studni (rzędu 1–4 m³/h/m depresji), kilkakrotnie malejącej na 3 stopniu próbnych pompowań 24-godzinnych, a ponadto kilka-, kilkunastokrotnie niższej niż w studniach zakładów przemysłowych miasta (PKP, ZPOW, cementownia).
- Nie dokonano analitycznej oceny charakteru ruchu wód i oporów dodatkowych przepływu wody w strefie przyotworowej podczas pompowania, nie określono wielkości depresji związanej z oporami fluacji i pominięto ocenę sprawności hydraulicznej studni (tu można zauważyć, że metodyka oceny sprawności hydraulicznej studni wraz z kryteriami jej odbioru dotarła do polskiej hydrogeologii dopiero 12 lat później).
- Pochopnie uznano biegnącą wzdłuż linii ujęcia strefę uskoku w podłożu paleozoicznym za czynnik zwiększający szczelinowatość utworów mezozoicznych i silnie podnoszący wodonośność górnokredowego poziomu wodonośnego, co nie znalazło potwierdzenia po wykonaniu ujęcia, natomiast mogło przyczynić się do zniszczenia struktury skał kredowych i przekształcenia ich w odmianę miękką i plastyczną.

Na etapie wykonania w 1969 r. pompowań próbnych 14 studni ujęcia – indywidualnych i zespołowych – kontynuowano prace dokumentacyjne bez korekty ich metodyki i rozszerzenia ich o wymienione wyżej elementy, co wynikało z jednej strony z braku postępów w krajowej praktyce, a z drugiej – z pośpiechu w uruchamianiu ujęcia niezbędnego wodociągom miejskim dla dostawy dobrej jakościowo i wystarczającej ilościowo wody do spożycia. Taki przebieg prac przyczynił się do powtórzenia poprzednich uchybień również w dokumentacji zasobów eksploatacyjnych ujęcia w kategorii B (PG Lublin 1969). W szczególności dotyczyło to pominięcia pogłębionej analizy bardzo niskich wartości wydatku jednostkowego studni podczas indywidualnych pompowań próbnych oraz analizy regionalnego pola hydrodynamicznego w aspekcie orientacyjnej prognozy zasięgu obszaru spływu wód do ujęcia.

Zagadnienia te były podniesione i szeroko dyskutowane w celu wyjaśnienia zjawiska drastycznego spadku produktywności ujęcia i oceny możliwości zaopatrzenia Chełma w wodę, zostały opracowane ekspertyzy hydrogeologiczne (Gospodarek i in., 1978; Michalczyk, Wiater, 1979) i prace studialne (Krajewski i in., 1978), zaś wiosną 1979 r. przeprowadzono dyskusję nad tym problemem w trybie sesji wyjazdowej Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznych z udziałem szerokiego grona ekspertów hydrogeologii studziennej i regionu lubelskiego. Rozpatrywano

zwłaszcza zjawisko niskiej początkowej wydajności jednostkowej studni ujęcia Borek i stale postępującego spadku wydajności studni w trakcie jego pracy na tle znacznie korzystniejszych parametrów eksploatacyjnych studni w ujęciach zakładów przemysłowych Chełma. Analizowano także bilans hydrogeologiczny obszaru zasilania ujęcia Borek w aspekcie odpływu podziemnego ze zlewni rzek Uherki i Udału oraz odnawialności zasobów wód podziemnych w obszarze zasilania ujęć cementowni Chełm.

Prezentowane przez poszczególnych specjalistów poglądy nie były w pełni zgodne, zwłaszcza w zakresie oceny możliwości uzyskania planowanej wydajności ujęcia zlokalizowanego w rejonie Strupina–Borku oraz przyczyn eksploatacyjnego spadku wydajności jednostkowej studni ujęcia. Wygłaszany był pogląd, że panujące w górnokredowym poziomie wodonośnym przeciętne warunki filtracyjne i odnawialność jego zasobów umożliwiają wytworzenie obszaru spływu wód podziemnych do ujęcia Borek, bilansującego zatwierdzone w dokumentacji zasoby eksploatacyjne ujęcia w kategorii B. Pogląd ten podważano, podkreślając rozmieszczenie studni ujęcia wzdłuż linii wododziałowej, wzrostem poboru wód w rejonie kopalni kredy i cementowni Chełm oraz wskazując na charakter występującej tu kredy piszącej o wyjątkowo niskich wartościach parametrów mechanicznych i podatnej na sufozję (rozmywanie). Jednocześnie zaakcentowano nowe możliwości zaopatrzenia miasta w wodę, zwłaszcza z planowanego ujęcia odwodnieniowo-wodociągowego Bariera.

Ustalenia krytyczne w stosunku do poglądów podtrzymujących tezę o możliwości rewitalizacji ujęcia Borek, znalazły potwierdzenie w dalszym przebiegu eksploatacji ujęcia oraz w badaniach bilansowych obszarów intensywnej eksploatacji wód podziemnych i naturalnych systemów krążenia wschodniej lubelszczyzny (Herbich, 1983, 1989), a także w badaniach eksploatacyjnych zmian oporów dopływu do studni ujmujących poziomy wodonośne zbudowane z kredy piszącej i margli w rejonie kredy lubelskiej i miechowskiej (Herbich, 1995).

Zabrakło choćby szacunkowego określenia powierzchni obszaru zasilania ujęcia Borek, w którym infiltracja opadów atmosferycznych zbilansowałaby pobór w ilości ustalonych zasobów eksploatacyjnych (ograniczono się do przybliżonej oceny zasięgu leja depresji w oparciu o obserwacje piezometrów w trakcie miesięcznego pompowania). Wyniki badań odnawialności zasobów wód podziemnych w rejonach ich intensywnej eksploatacji wykazały (Herbich, 1983, 1989), że zbilansowanie poboru ujęcia Borek w wysokości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych $Q_E = 17,3$ tys. m^3/d , w warunkach średniej odnawialności wód podziemnych $i_E = 480$ $m^3/d/km^2$ zachodziłoby w obszarze spływu wód do ujęcia o powierzchni $A_u = 36$ km^2 . Wytworzenie tak rozległego obszaru zasilania nie byłoby możliwe do uzyskania z 14 studni ujęcia Borek, lecz wymagałoby budowy dodatkowych 25 studni rozmieszczonych w dwu kolejnych szeregach, oddalonych od siebie co najmniej o 500 m.

Literatura

- Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych ujęcia „Borek” w kategorii „C”, 1962. Towarzystwo Naukowe dla Wykorzystywania Źródeł i Surowców Terenowych w Polsce z siedzibą w Krakowie Kraków.
- Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wody podziemnej w kat. B z utworów kredowych dla ujęcia wodociągowego miasta Chełm Lubelski w miejscowości Strupin, 1969. Przedsiębiorstwo Geologiczne, Lublin.
- Drągowski A., 1981. Inżyniersko-geologiczna charakterystyka niszczenia skał mastrychkich Wyżyny Lubelskiej w wyniku pęcznienia i skurczu. *Biul. Geol.*, 29.
- Gospodarek J., Ryżak R., Cwiertniewski M., 1978. Opinia w sprawie zaniku i niedoboru wody w ujęciu „Strupin” oraz ukierunkowanie działalności dla zabezpieczenia wody w ilości niezbędnej dla miasta Chełm. Centrum Techniki Komunalnej, Warszawa.
- Herbich P., 1980. Tektoniczne uwarunkowanie horyzontalnej anizotropii wodoprzepuszczalności utworów górnej kredy rejonu Chełma. *Tech. Posz. Geol.*, 3/87. Warszawa.
- Herbich P., 1983. Zmiany odnawialności zasobów wód podziemnych w rejonach ich intensywnej eksploatacji ze szczelinowych utworów górnej kredy wschodniej Lubelszczyzny. Maszynopis rozprawy doktorskiej. *Bibl. Wyd. Geol. UW.*
- Herbich P., 1989. Struktura zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych Chełma i Rejowca. [W:] *Geologia stosowana w badaniach LZW. Lublin.*
- Herbich P., 1991. Hydrogeologiczna opinia o celowości likwidacji ujęcia wód podziemnych „Borek” MPGK w Chełmie.
- Herbich P., 1999a. Hydrogeologiczne i środowiskowe warunki rozwoju zanieczyszczenia chromem wód podziemnych w rejonie ujęcia „Bariera” w Chełmie. [W:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. IX.*
- Herbich P., 1999b. Hydrogeologiczne warunki rozwoju zanieczyszczenia chromem wód podziemnych w rejonie ujęcia „Bariera” w Chełmie. [W:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. IX.*
- Herbich P., 1995a. Wyznaczanie stref ochronnych ujęć wód podziemnych ze szczelino-porowych utworów kredowych rejonu Chełma. *Problemy wykorzystania wód podziemnych w gospodarce komunalnej. T. XI. Częstochowa.*
- Herbich P., 1995b. Eksploatacyjne zmiany oporów dopływu do studzien ujmujących porowo-szczelinowe utwory węglanowe Niecki Lubelskiej i Miechowskiej. [W:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. VII. Kraków-Krynica.*
- Herbich P., Knyszyński F., 1998. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Arkusz Strachosław (Kamień). *PIG, Warszawa.*
- Herbich P., Krajewski S., 1985. Zastosowanie wyników pompowań wielostopniowych do obliczeń wodoprzepuszczalności metodą analizy liniowych oporów filtracji. *Aktualne problemy hydrogeologii. T. III. Kraków.*
- Herbich P. i in., 1984–1998. Sprawozdania z kursu terenowego w Chełmie. Materiały archiwalne ZHUW.
- Michalczyk Z., Wiater Z., 1979. Wpływ ujęcia wód podziemnych w Strupinie na stosunki hydrogeologiczne okolic Chełma. *Mat. Konf. Kom. Hydrograf. PTG „Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych”. UMCS, Lublin.*
- Krajewski S., Herbich P., Knyszyński F., Smoleń Z., 1978. Zasoby wód podziemnych, prognozy ich zmian w rejonie Chełma oraz hydrogeologiczne podstawy zaopatrzenia miasta w wodę. *Prace niepubl. Arch. WGUW.*
- Krajewski S., 1972. Strefowość zawodnienia utworów górnej kredy na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego. *IG. Prace Hydrogeologiczne, seria specjalna 3.*

- Krajewski S., 1983. Wykorzystanie wód podziemnych z odwadniania kopalń jako aktywna forma ochrony ich zasobów. *Prob. wykorzyst. wód podz. w gosp. kom. T. V. Częstochowa*.
- Siwek Z., Mańkowski M., 1978. Kryteria odbioru studni wierconych i system zabiegów technicznych usprawniających dopływ wody do ujęcia. [W:] *Rozpoznawanie wód podziemnych dla potrzeb gospodarki narodowej*. Wyd. Geol., Warszawa.

7.3. Ujęcia wód podziemnych w masywie świętokrzyskim

7.3.1. Ujęcie Zagnańsk dla Kielc

Jan Prażak

Wstęp

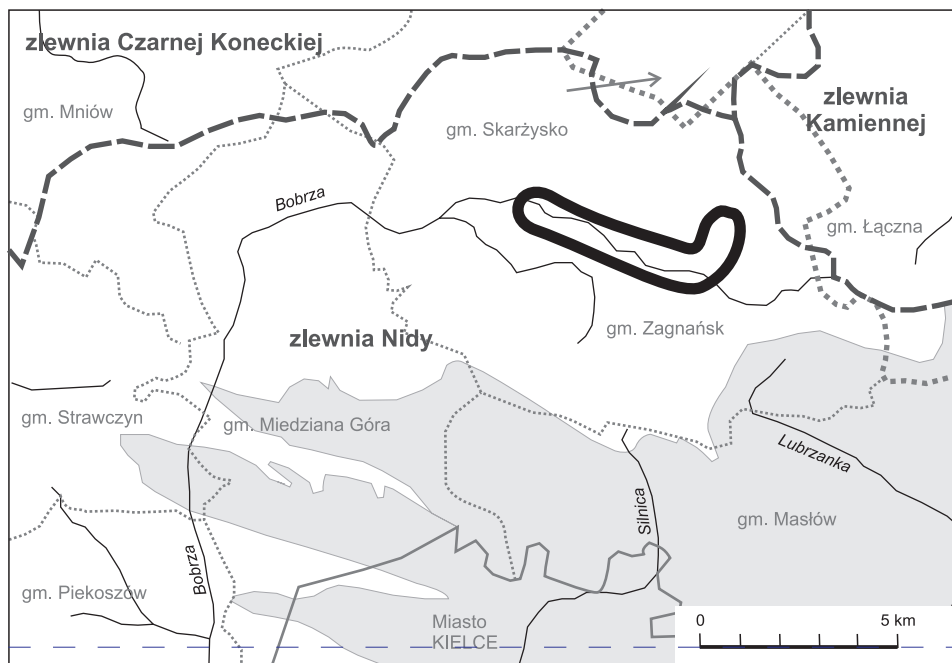
Ujęcie komunalne Kielc w Zagnańsku stanowi własność Międzygminnego Związku Wodociągów i Kanalizacji w Kielcach, do którego należą miasto Kielce wraz z sąsiednimi gminami Zagnańsk, Masłów i Sitkówka-Nowiny. Prowadzą one wspólną gospodarkę wodno-ściekową realizowaną przez Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. Studnie ujęcia położone są w miejscowości Zagnańsk, gmina Zagnańsk, powiat kielecki, województwo świętokrzyskie (rys. 7.3.1). Ujmują one wodę z warstw wodonośnych poziomów dolnotriasowego i górnopermskiego i pozostającego z nimi w kontakcie hydraulicznym poziomu środkowodeńskiego. Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono w 1968 r. w ilości 2500 m³/h (Gaik, 1968). Póór wody rozpoczęto w 1973 r. Trwa on nieprzerwanie do dziś.

Lokalizacja i informacje podstawowe

Teren ujęcia i obszar jego zasilania znajdują się w prowincji geograficznej Wyżyny Polskie, podprowincji Wyżyna Małopolska, makroregionie Wyżyna Kielecka, mezo-regionach Góry Świętokrzyskie i Płaskowyż Suchedniowski (Kondracki, 2001). Jest to dorzecze Wisły, zlewnia II rzędu Nidy, III rzędu Czarnej Nidy, IV rzędu Bobrzy (górna część zlewni). W podziale hydrogeologicznym teren przynależy do prowincji Wisły, regionu środkowej Wisły, subregionu środkowej Wisły – wyżyny (część centralna). Jest to obszar wododziałowy zlewni II rzędu Nidy, Pilicy i Kamiennnej z tym, że samo ujęcie znajduje się w dolinie górnej Bobrzy należącej do zlewni Nidy. Woda ujmowana jest ze struktur wodonośnych obrzeżenia perm-sko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich, przyległych od strony południowej do struktur ich trzonu paleozoicznego (rys. 7.3.1).

Przedstawienie problematyki eksploatacyjnej i badawczej

Głównym problemem badawczym jest ocena wiarygodności metod zastosowanych do obliczenia zasobów eksploatacyjnych i prognoz eksploatacyjnych ujęcia w świetle potwierdzonego wieloletnią eksploatacją jego rzeczywistego oddziaływania na



Objaśnienia:

	granica zlewni II rzędu		ujęcie Zagnańsk
	granica gminy		struktury wodonośne obniżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich
	granica powiatu		struktury wodonośne trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich
	granica Miasta Kielce		

Rys. 7.3.1. Położenie ujęcia w układzie administracyjnym, hydrograficznym i hydrostrukturalnym

warunki wodne. Ocenie poddano także stałość własności fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wody.

Historia badań hydrogeologicznych

Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w rejonie Zagnańska i prace związane z udokumentowaniem zasobów ujęcia komunalnego dla Kielc trwały od 1957 r. do 1968 r. Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalone w kategorii B w ilości 2500 m³/h zostały zatwierdzone przez ówczesnego prezesa Centralnego Urzędu Geologii w 1969 r. (Gaik, 1968). Wyniki wykonanych prac uzupełniających zamieszczono w sporządzonym rok później aneksie do dokumentacji (Mikuła, 1970).

Niemal od początku eksploatacji ujęcia Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach prowadził w rejonie Zagnańska, w ramach prac własnych, obserwacje hydrogeologiczne i hydrologiczne. Objęto nimi okoliczne studnie kopane

i specjalnie odwiercone w tym celu piezometry oraz okoliczne źródła, z zainstalowanymi na ich odpływach przelewami i przepływ rzeki Bobrzy poniżej ujęcia na specjalnie zainstalowanym w betonowym jazie przelewie Samsonów (IG O/Świętokrzyski w Kielcach, 1972; Maszoński, 1975; Maszoński, Żak, 1980; Żak, 1980; Herman, 1981–2002 i inni wykonawcy w latach 2003–2010). Już pierwsze wyniki obserwacji wykazały duże, wzajemne oddziaływanie na siebie studni ujęcia. W 1979 r. Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach opracował „Opinię hydrogeologiczną w sprawie ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia wody w Zagnańsku”, skorygowaną następnie w 1980 r. o wyniki dalszych obserwacji, w której zaproponował zmniejszenie zasobów eksploatacyjnych początkowo do ilości 1600 m³/h, a następnie do 1340 m³/h (IG O/Świętokrzyski w Kielcach, 1979; Żak, 1980). Kolejną ocenę zasobów eksploatacyjnych za pomocą obliczeń wykonanych na modelu matematycznym sporządził w 1983 r. Instytut Kształtowania Środowiska w Poznaniu, ustalając je w ilości 950 m³/h (Stelmach i in., 1983). W związku ze wzrostem zapotrzebowania miasta na wodę i trudnościami w dostarczeniu większych jej ilości z omawianego ujęcia odwiercono na jego terenie dwie dodatkowe studnie (Buczkowski, 1983; Buczkowski, Buczkowska, 1984). W sporządzonym w tym czasie „Programie prac i badań dla udokumentowania zasobów wód podziemnych dla potrzeb aglomeracji Kielc” również uwzględniono konieczność korekty zasobów ujęcia Zagnańsk (Belcarz i in., 1983). W ramach realizacji objętych programem prac i badań opracowano „Projekt badań hydrogeologicznych dla ustalenia zasobów wody w kat. «C» obszarów perspektywicznych do budowy dużych ujęć w rejonie Ćmińsk–Zagnańsk–Szałas i weryfikacji zasobów w kat. «B» w rejonie Zagnańska” (Buczkowski, Prażak, 1984–1985). Z projektowanych prac wykonano tylko badania geofizyczne i po trzyletniej przerwie wznowiono obserwacje hydrogeologiczne i hydrologiczne w zlewni górnej Bobrzy.

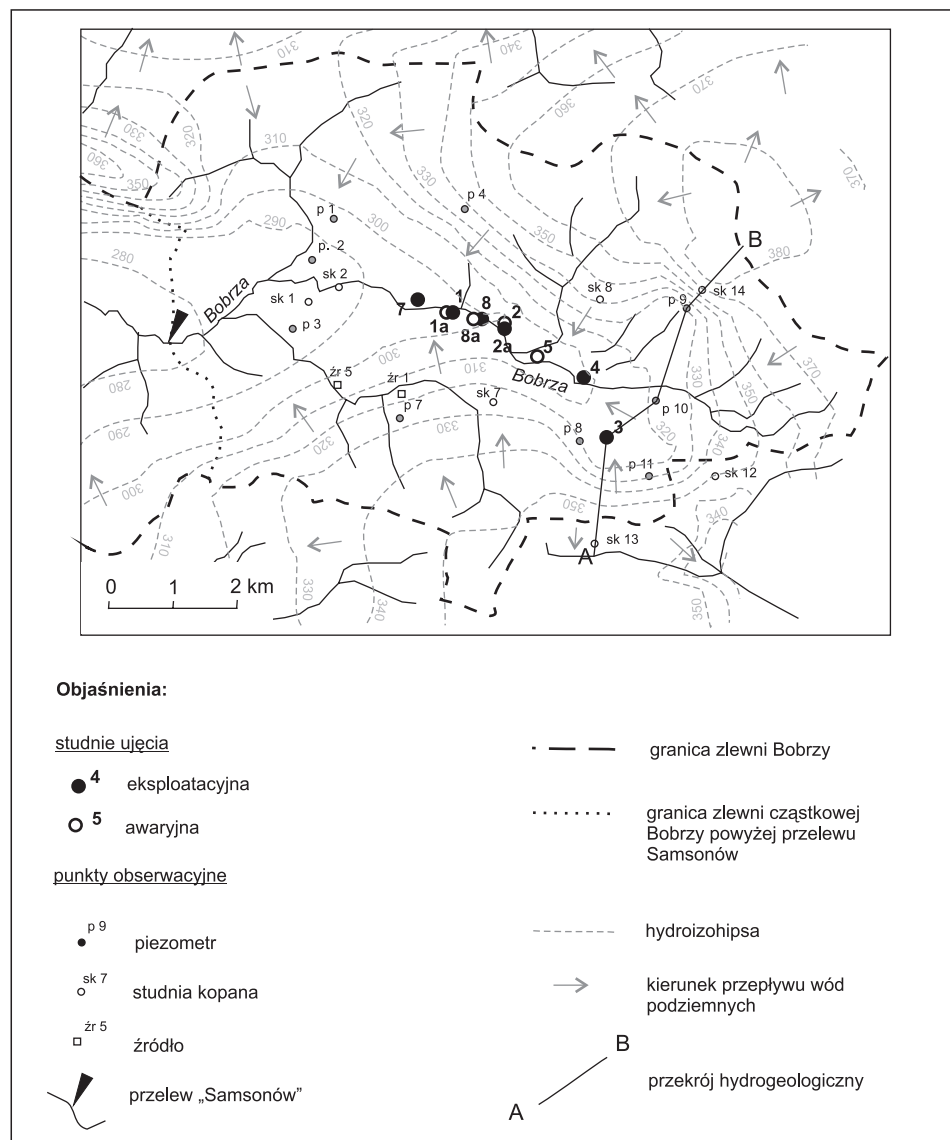
Analiza wiarygodności zatwierdzonych zasobów ujęcia znalazła się także w opracowaniu „Kryteria i warunki eksploatacji dużych ujęć wód podziemnych w regionie świętokrzyskim” (Prażak i in., 1990). W późniejszej „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych rejonu eksploatacji Zagnańsk–Strawczyn” jego zasoby eksploatacyjne obliczone za pomocą modelowania matematycznego zaproponowano w ilości 550 m³/h (Górnik, Filar (model Szklarczyk), 2006). Ważnej pod względem prawnym korekty zasobów eksploatacyjnych ujęcia do ilości 630 m³/h dokonano dopiero w 2009 r. w „Dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych dla zaopatrzenia komunalnego – rejon Zagnańsk” (przyjęty w 2010 r.) (Knez i in., 2009).

Badania składu chemicznego ujmowanych studniami wód podziemnych są na bieżąco prowadzone przez laboratorium Wodociągów Kieleckich. W latach 1992–2004 dwie studnie ujęcia były także punktami monitoringu regionalnego jakości zwykłych wód podziemnych w województwie kieleckim, a później świętokrzyskim (WIOŚ w Kielcach, 1992–2004; Prażak i in., 1996).

Strefy ochronne ujęcia zostały wyznaczone i ustanowione w 1970 r., a następnie skorygowane w 1997 r. w dostosowaniu do nowych aktów prawnych (IG Kielce, 1970; Muter, Treichel, 1997).

Warunki hydrogeologiczne

Warunki hydrogeologiczne w rejonie ujęcia charakteryzują się bardzo dużym stopniem zmienności. Warstwami wodonośnymi są spękanе piaskowce (lokalnie wkładki margli i wapieni) triasu dolnego i permu górnego oraz ujęte tylko w jednej studni dolomity dewonu środkowego. W piaskowcach występują wody szczelinowo-porowe, natomiast dolomitach szczelinowe (w profilach otworów i na wychod-



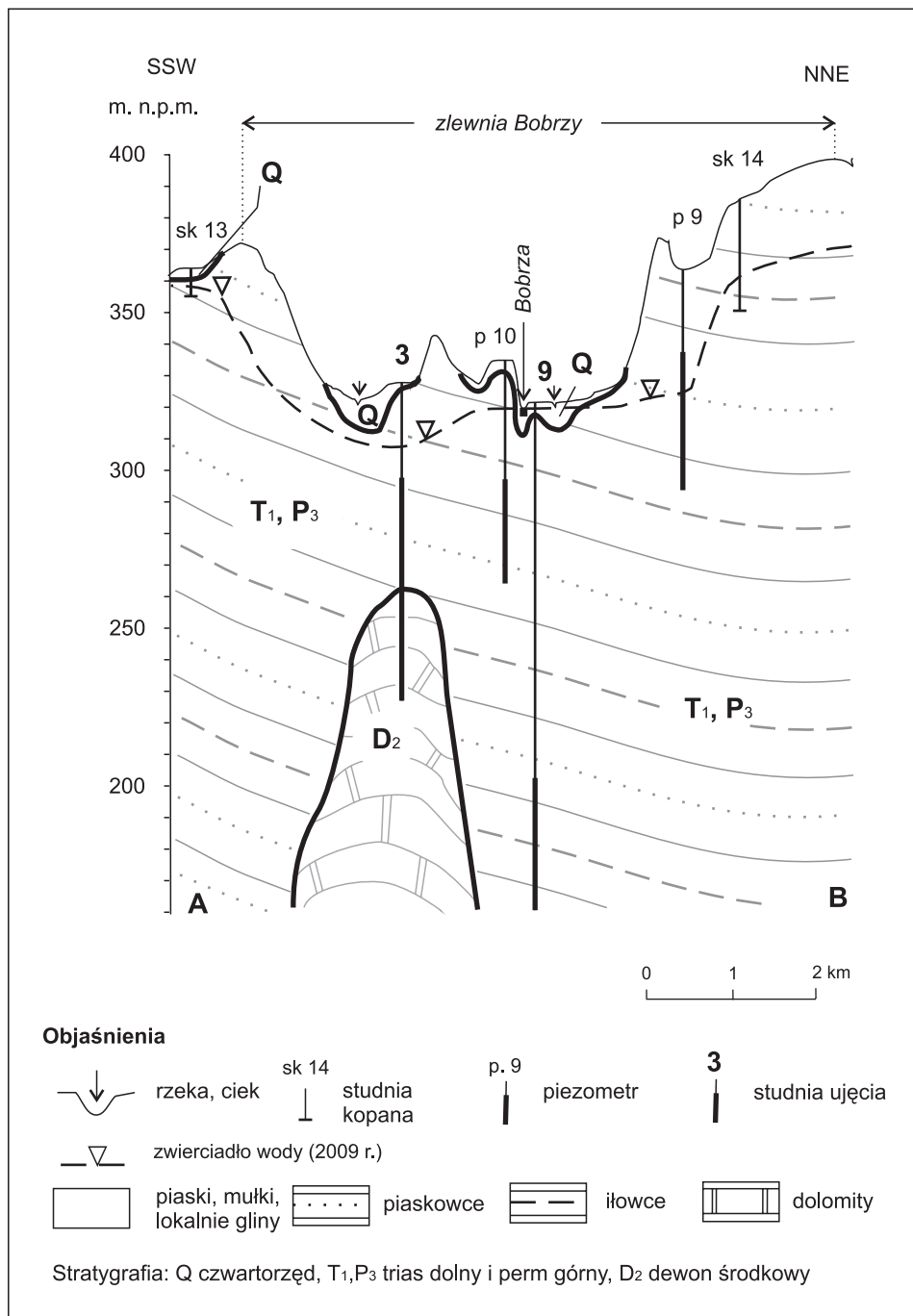
Rys. 7.3.2. Mapa aktualnego stanu hydrodynamicznego w rejonie ujęcia – 2009 r. (wg Knez i in., 2009)

niach dolomitów w pobliskim kamieniołomie krasu nie stwierdzono). Utwory permsko-triasowe zapadają generalnie w kierunku północnym, a dolomity dewońskie występują wśród nich w postaci ostańca erozyjnego. Warstwy piaskowców rozdzielają nieprzepuszczalne iłowce. Kompleks utworów piaskowcowo-iłowcowych jest pochodzenia lądowo-morskiego o bardzo zmiennej miąższości poszczególnych warstw. Nierównomierny jest także stopień spękania piaskowców i dolomitów. Kontakty hydrauliczne pomiędzy poszczególnymi warstwami wodonośnymi zarówno w pionie, jak i w poziomie są bardzo skomplikowane. Zwierciadło wody jest w nich z reguły napięte, najczęściej o różnych ciśnieniach piezometrycznych w poszczególnych warstwach. W studniach położonych w dolinie Bobrzy stwierdzono samowypływy od 0,2 do 3,0 m powyżej powierzchni terenu. Aktualny stan hydrodynamiczny ujęcia pokazano na mapie hydroizohips (odrys z opracowania Knez i in., 2009) i schematycznym przekroju hydrogeologicznym (rys. 7.3.2, 7.3.3). Współczynniki filtracji piaskowców wynoszą od 0,00150 m/s do 0,0000145 m/s, a wydajności studni uzyskane podczas próbnych pompowań indywidualnych od 91,0 m³/h (studnia 10) do 279,2 m³/h (studnia 1a). Wyjątek stanowi tylko studnia nr 10 o wydajności 7,2 m³/h i współczynniku filtracji ujętych warstw wodonośnych 0,000000214 m/s. Współczynnik filtracji dolomitów dewonu środkowego jest podobny do średniego w utworach triasu i permu i wynosi 0,0000458 m/s, a wydajność ujmującej je studni 200 m³/h.

Zasilanie zbiornika wodonośnego odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych: bezpośrednią na licznych wychodniach piaskowców i dolomitów lub pośrednią przez nadkład przepuszczalnych albo co najwyżej półprzepuszczalnych osadów czwartorzędowych o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. W warunkach naturalnych całość wód podziemnych w zlewni była drenowana przez rzekę Bobrę i jej dopływy. Obecnie w warunkach wymuszonego obniżenia zwierciadła wód podziemnych w leju depresji ujęcia część wód rzecznych infiltruje do warstw wodonośnych. W okresach największego poboru wody dochodziło nawet do okresowych przerw w ciągłości przepływu rzeki oraz osuszenia niektórych z jej dopływów. Nastąpił też zanik okolicznych źródeł.

Opis ujęcia (infrastruktura od stacji uzdatniania wody włącznie)

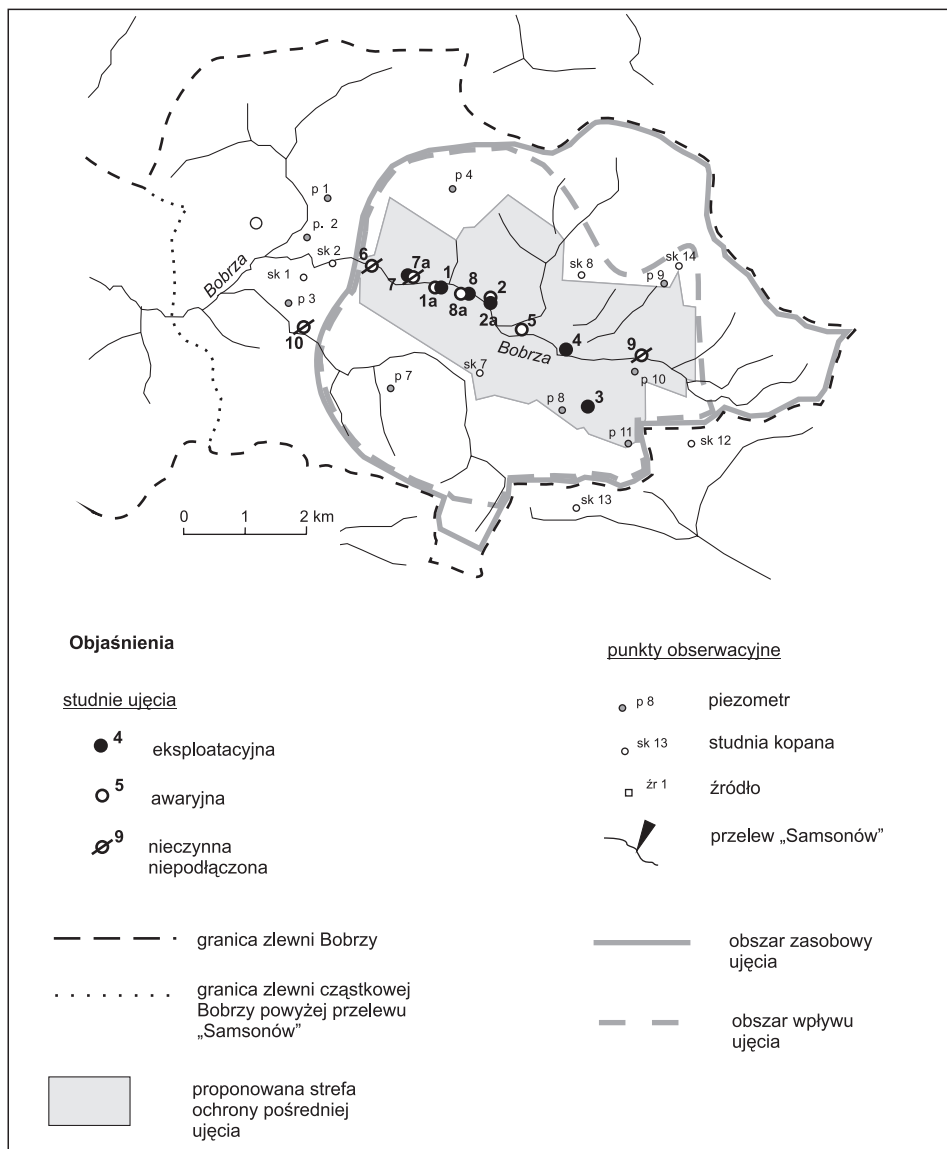
Ujęcie Zagnańsk składa się z 14 studni wierconych o głębokości od 50,2 do 199 m i urządzeń do przesyłania wody. 12 studni (1, 1a, 2, 2a, 3, 4, 5, 6, 7, 7a, 8 i 8a) wykonano na etapie dokumentowania jego zasobów w latach 1957–1968, a 2 dodatkowe (9 i 10) w latach 1983–1984 (rys. 7.3.4) (Gaik, 1968; Buczkowski, 1983; Buczkowska, 1984). Ich podstawowe parametry geologiczno-techniczne podano w tabeli 7.3.1. Woda ze studni jest przesyłana do pompowni, a z niej magistralą wodociagową do Kielc. Niewielkie ilości wody są dostarczane także dla miejscowych użytkowników w gminie Zagnańsk. W 2010 r. woda była pobierana tylko z czterech studni (1a, 3, 4 i 7a). Aktualny charakter poszczególnych studni (eksploatacyjna, awaryjna, niepodłączona), określony w sporządzonym w 2009 r. dodatku do dokumentacji, podano w tabeli 7.3.2. Rurociągi do przesyłania wody mają duże średnice, przygotowane do prognozowanej w 1968 r. wydajności ujęcia 2500 m³/h. Są one nieprzystosowane do przesyłu znacznie mniejszych ilości wody i istnieją



Rys. 7.3.3. Przekrój hydrogeologiczny

problemy związane z utrzymaniem ich w dobrym stanie technicznym (uderzenia hydrauliczne).

W świetle dotychczasowych analiz warunków hydrogeologicznych, w tym także wykonanych za pomocą obliczeń modelowych w dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej, obszar zasobowy i prognozowany obszar wpływu ujęcia oraz jego strefy ochronne mieszczą się w zlewni cząstkowej Bobrzy powyżej przelewu Samsonów (rys. 7.3.4) (Knez i in., 2009).



Rys. 7.3.4. Elementy ujęcia

Tabela 7.3.1. Parametry geologiczno-techniczne studni ujęcia komunalnego w Zagnańsku na etapie ich próbnym pompowań indywidualnych

Nr studni	Głębokość studni [m]	Stratygrafia ujętego poziomu wodonośnego	Głębokość filtra [m]		Próbne pompowanie		
			od [m]	do [m]	wydajność Q max [m ³ /h]	depresja S [m]	wydatek jednostkowy q [m ³ /h/m]
1	50,2	trias dolny	26,8	50,2	193,4	17,75	10,9
1a	100,0	trias dolny	22,2	100,0	279,2	15,10	17,8
2	150,0	trias dolny	9,5	150,0	251,7	11,4	22,1
2a	100,0	trias dolny	26,9	100,0	258,6	12,8	20,2
3	100,0	dewon środkowy	30,0	100,0	200,0	27,3	7,4
4	144,0	trias dolny	71,0	144,0	153,3	29,7	5,2
5	150,0	trias dolny perm górny	42,7	150,0	96,6	52,2	1,8
6	100,0	trias dolny perm górny	32,8	100,0	101,3	40,5	2,5
7	100,0	trias dolny	21,0	100,0	201,0	21,2	9,5
7a	100,0	trias dolny perm górny	24,5	100,0	209,8	14,5	14,5
8	100,0	trias dolny	42,5	100,0	234,3	13,3	17,6
8a	87,0	trias dolny	15,4	87,0	264,9	11,9	22,3
9	160,0	trias dolny	50,9	160,0	91,0	23,6	3,9
10	199,0	trias dolny	74,0	199,0	7,2	47,5	0,15

Tabela 7.3.2. Wydajności eksploatacyjne studni ustalone w 2010 r. (Knez i in., 2009)

Nr studni	Status studni	Wydajność eksploatacyjna [m ³ /h]	Depresja [m]	Depresja do rzędnej [m n.p.m.]
1	eksploatacyjna	85	19,0	277,00
1a	awaryjna	35	15,0	282,00
2	awaryjna	60	8,0	289,75
2a	eksploatacyjna	110	22,5	275,43
3	eksploatacyjna	130	26,0	301,97
4	eksploatacyjna	95	32,7	280,00
5	awaryjna	50	24,25	278,00
6	nieczynna	50	18,0	270,72
7	eksploatacyjna	110	12,0	277,00
7a	wyłączona z eksploatacji			
8	eksploatacyjna	100	12,5	287,15
8a	awaryjna	80	8,5	291,7
9	nieczynna	80	23,0	298,29
10	nie przewidziana do eksploatacji			

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

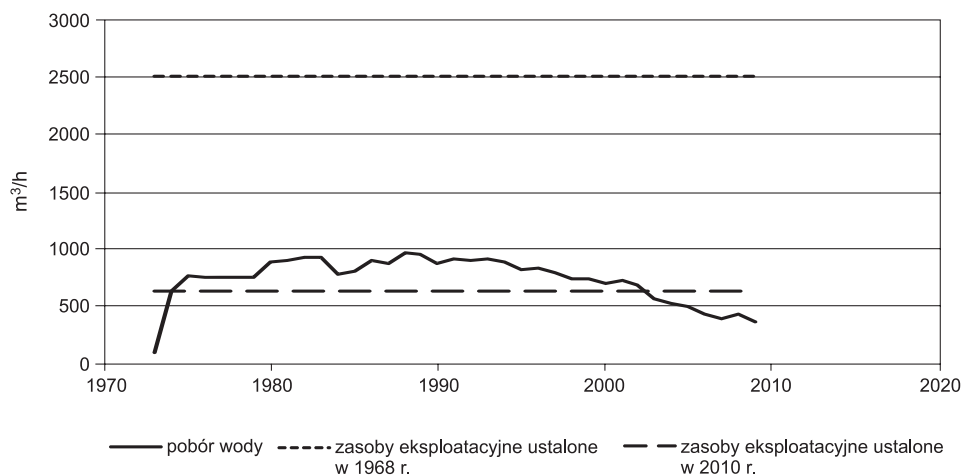
W 1968 r. zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono na podstawie wyników pompowań indywidualnych studni zlokalizowanych w dolinie Bobrzy. Przyjęto je w ilości $2500 \text{ m}^3/\text{h}$, przewyższającej nawet nieco sumę ówczesnej wydajności wszystkich studni ($2444,1 \text{ m}^3/\text{h}$) (Gaik, 1968). Za obszar zasobowy uznano zlewnię górnej Bobrzy powyżej zamontowanego przelewu Samsonów o powierzchni $59,5 \text{ km}^2$. Wyrażano także opinie o możliwym zasilaniu ujęcia spoza zlewni tzw. „drogami dalekiego krążenia”, utożsamianymi ogólnie z regionalnymi strefami uskokowymi, bez ich szczegółowego wyznaczenia. Niemal od początku eksploatacji zauważono, że depresje eksploatacyjne w studniach są znacznie większe niż na etapie próbnych pompowań indywidualnych. Okazało się, że wzajemne oddziaływanie studni jest bardzo duże, co zaznaczyło się gwałtownym wzrostem depresji. W oparciu o kryterium hydrodynamiczne Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach zalecił w 1979 r. powolne zwiększanie wydajności ujęcia do ilości $1600 \text{ m}^3/\text{h}$ w 1985 r., a po ponownej analizie przeprowadzonej w 1980 r. ocenił je już tylko na $1340 \text{ m}^3/\text{h}$ (IG, 1979; Żak, 1980). Badania modelowe pracy ujęcia po raz pierwszy wykonano w 1983 r. na jednowarstwowym modelu matematycznym, ustalając jego zasoby w ilości $950 \text{ m}^3/\text{h}$ (Stelmach i in., 1983). W tym czasie niepokój budził również stały lub okresowy zanik przepływu rzeki Bobrzy i części jej dopływów. Zaczęto rozumieć potrzebę zachowania i ochrony jej przepływu nienaruszalnego. W latach 1985–1988 IMiGW w Krakowie prowadził szczegółowe obserwacje przepływów rzek w zlewni górnej Nidy (po wodowskaz Brzegi) i dla poszczególnych przekrojów wodowskazowych obliczył ich przepływy nienaruszalne. Dla zamykającego zlewnię Bobrzy w rejonie Zagnańska przekroju Samsonów przepływ nienaruszalny ustalono w ilości $0,10 \text{ m}^3/\text{s} = 360 \text{ m}^3/\text{h}$ (IMiGW, 1985–1988). Potrzebę korekty zasobów eksploatacyjnych ujęcia do ilości $550 \text{ m}^3/\text{h}$ zaproponowano też w „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych rejonu eksploatacji Zagnańsk–Strawczyn, w tym GZWP 414 Zagnańsk” (Górnik, Filar (model Szklarczyk), 2006). Symulację oddziaływania ujęcia eksploatowanego w ilości $550 \text{ m}^3/\text{h}$ wykonano na pięciowarstwowym modelu matematycznym w ustalonych warunkach przepływu.

Na prawnie usankcjonowaną korektę zasobów ujęcia Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. zdecydowały się jednak dopiero w 2009 r. W dodatku do dokumentacji ustalono je w ilości $630 \text{ m}^3/\text{h}$ (Knez i in., 2009). Zasoby określono w oparciu o szczegółową analizę dotychczasowej eksploatacji ujęcia i jego oddziaływania na warunki wodne rejonu. Wykonano ją między innymi za pomocą odpowiednich symulacji na sporządzonym specjalnie w tym celu pięciowarstwowym modelu matematycznym obejmującym powierzchnię $229,8 \text{ km}^2$. Granice oparto na zewnętrznych w stosunku do zlewni górnej Bobrzy strefach drenażu (program Visual Modflow ver. 4.3.0; jednorodne pole filtracji w ustalonych warunkach przepływu; siatka $\Delta y = \Delta x = 250 \text{ m}$). Zasoby ustalone w dodatku do dokumentacji są zdaniem autorów potwierdzone wieloletnią eksploatacją ujęcia i jest gwarancja, że w warunkach średniego zasilania lej depresji przy ich poborze będzie ustabilizowany. Zapewniony zostanie także przepływ nienaruszalny górnej Bobrzy przez przekrój Samsonów, obliczony w ilości $0,036 \text{ m}^3/\text{s}$ ($129,6 \text{ m}^3/\text{h}$). Stanowi on 36% przepływu nienaruszalnego podanego

przez IMiGW w 1988 r. Rozbieżność ta wynika z różnego podejścia autorów do sposobu jego ustalenia.

Charakterystyka poboru wody

Pobór wody z ujęcia dla potrzeb wodociągu komunalnego Kielc trwa nieprzerwanie od 1973 r. do dziś. W 1974 r. wynosił on już średnio 624,7 m³/h i stopniowo wzrastał do ilości 961,9 m³/h 1988 r. W następnych latach zapotrzebowanie na wodę z kierunku Zagnańska zaczęło spadać i pobór wody stopniowo ograniczano, aż do 362,5 m³/h w 2009 r. (rys. 7.3.5).



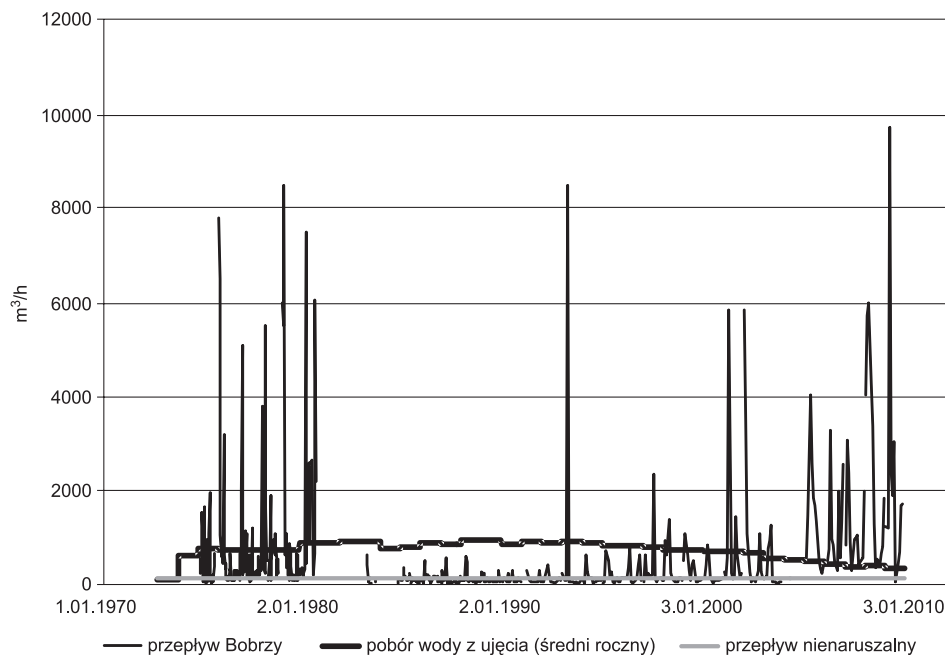
Rys. 7.3.5. Wykres poboru wody z ujęcia komunalnego Kielc w Zagnańsku w latach 1973–2009

Oddziaływanie ujęcia na otoczenie

Pomiary i obserwacje hydrogeologiczne w zlewni górnej Bobrzy prowadzono niemal od samego początku eksploatacji ujęcia (IG Oddział Świętokrzyski w Kielcach, 1972). Pozwoliły one na bieżące śledzenie zachodzących zmian warunków wodnych. Obserwacje stanów zwierciadła wód podziemnych prowadzono początkowo w studniach ujęcia, 11 piezometrach i 12 studniach kopanych. Mierzono także wydajności 9 źródeł i przepływ rzeki Bobrzy na przelewie Samsonów we wsi Umer (Maszoński, 1975; Maszoński, Żak, 1980; Żak, 1980; Herman, 1983). Z czasem ze względów technicznych liczba punktów obserwacyjnych uległa zmniejszeniu. Aktualnie sieć obserwacyjna składa się ze studni ujęcia, 10 piezometrów, 7 studni kopanych, 2 źródeł z zamontowanymi przelewami i przelewu Samsonów na rzece Bobrzy. Już w pierwszym okresie eksploatacji zaznaczył się duży wzrost depresji w studniach. Zmiany zwierciadła wody w piezometrach i studniach kopanych były zróżnicowane od 2 m do około 35 m. W części z nich reakcja na pobór wody z ujęcia była niemal natychmiastowa, a w części opóźniona i maskowana wahaniami zwierciadła, wynikającymi z sezonowych i wieloletnich zmian retencji. Obserwowany stopień oddziaływania ujęcia na poszczególnych kierunkach obserwacji był różny i trudny do

interpretacji. Wynikało to między innymi z bardzo skomplikowanych kontaktów hydraulicznych pomiędzy warstwami wodonośnymi i związanymi z nimi kierunków krążenia wód podziemnych. W okresie największego poboru wody, który miał miejsce w latach 1983–1990, doszło do osuszenia znacznego odcinka rzeki Bobrzy i części jej dopływów, a w latach 1986–1987 także do zaniku mierzonych wówczas źródeł w Dutkowie (nr 1) i Goleniowach (nr 5). Po 1995 r. pobór wody zaczął się stopniowo zmniejszać, co spowodowało ogólne podniesienie się zwierciadła wody, lecz proces ten jest nadal maskowany dużymi amplitudami wahań sezonowych.

Przepływ rzeki na przelewie Samsonów obserwowano od lutego 1975 r. (rozpoczęto w trakcie eksploatacji ujęcia), z przerwą od listopada 1980 r. do października 1985 r. (rys. 7.3.6). Porównując go z wielkością poboru wody z ujęcia, można zauważyć, że w okresie poboru w ilości około 900 m³/h zaznaczyło się nie tylko zmniejszenie przepływów niskich, lecz nastąpił także niemal całkowity zanik stanów wysokich z przepływami powyżej 1000 m³/h. Stopniowe zmniejszanie poboru od 1995 r. spowodowało natomiast ponowny wzrost częstotliwości występowania stanów wysokich, a od około 2005 r. wyraźny wzrost stanów niskich.



Rys. 7.3.6. Przepływ rzeki Bobrzy przez przelew Samsonów na tle poboru wody z ujęcia komunalnego Zagnańsk

Określenie zmian jakości wód w trakcie eksploatacji

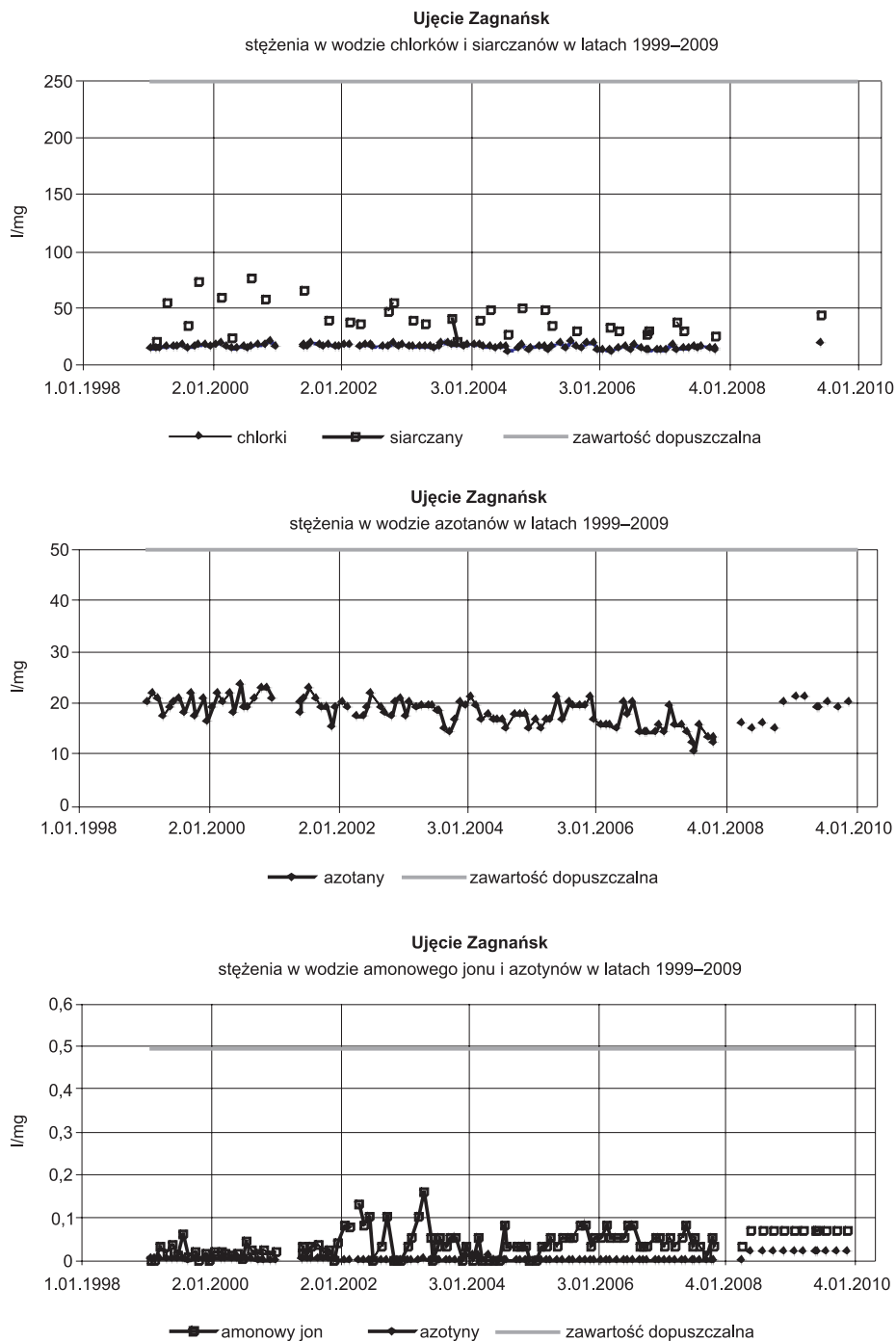
Woda z ujęcia należy do dwóch typów hydrochemicznych: HCO₃-SO₄-Ca i HCO₃-SO₄-Ca-Mg. Mineralizacja wody w studniach wynosi od 103 do 874 mg/l, a po wymieszaniu w pompowni kształtuje się średnio w ilości około 310 mg/l. Własności fizyczne, chemiczne i bakteriologiczne wody przesyłanej z pompowni

do wodociągu komunalnego Kielc spełniają wymogi określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. z dnia 6 kwietnia 2007 r.). Wybrane jej własności są podane w tabeli 7.3.3. Chlorowanie wody ma charakter wyłącznie prewencyjny z obawy przed jej skażeniem w magistrali wodociągowej na drodze do Kielc.

Podczas wieloletniej eksploatacji ujęcia nie stwierdzono znaczących zmian składu chemicznego pobieranej wody ani jej własności fizycznych i bakteriologicznych, w tym stężeń składników mogących świadczyć o jej zanieczyszczeniu, tj. jonu amonowego, azotynów, azotanów, chlorków i siarczanów. W przypadku stężeń chlorków, siarczanów i azotynów w ostatnich latach występuje nawet ich zmniejszenie. Pulsacyjny wzrost zawartości jonu amonowego i azotynów nie stwarza zagrożenia, gdyż zachodzi przy bardzo niskich wartościach ich stężenia. Zawartość jonu amonowego dochodzi do 0,16 mg/l, a azotynów do 0,01 mg/l przy dopuszczalnej ich zawartości w wodzie do picia 0,50 mg/l (rys. 7.3.7).

Tabela 7.3.3. Podstawowe własności fizyczne, chemiczne i bakteriologiczne wody z ujęcia Zagnańsk

Lp.	Parametr	Jednostka	Dopuszczalny zakres wartości	Ujęcie Zagnańsk (średnio)
1	Mętność	NTU	1	0,9
2	Barwa	mg/l	15	0,9
3	Smak		akceptowalny	akceptowalny
4	Zapach		akceptowalny	akceptowalny
5	Przewodność	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	384
6	Substancje rozpuszczone	mg/l		281
7	Odczyn	pH	6,5–9,5	7,4
8	Twardość ogólna	mg/l CaCO_3		202
9	Utlenialność	mg/l	5	0,7
10	Wapń	mg/l		61
11	Magnez	mg/l		12
12	Żelazo	mg/l	0,200	0,042
13	Mangan	mg/l	0,050	0,008
14	Chlorki	mg/l	250	16
15	Siarczany	mg/l	250	51
16	Amonowy jon	mg/l	0,50	0,03
17	Azotyny	mg/l	0,50	0,00
18	Azotany	mg/l	50	17
19	Chrom	mg/l	0,050	0,000
20	Cynk	mg/l		0,135
21	Kadm	mg/l	0,005	0,001
22	Miedź	mg/l	2,0	0,004
23	Nikiel	mg/l	0,02	0,001
24	Ołów	mg/l	0,025	0,002
25	Bakterie grupy coli	liczba mikroorganizmów w 100 ml	0	0



Rys. 7.3.7. Stężenia amonowego jonu, azotynów, azotanów, chlorków i siarczanów w wodzie wodociągowej w latach 1999–2009 z ujęcia Zagnańsk

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków poboru

Wieloletni, trwający od 1973 r. do chwili obecnej pobór wody z ujęcia wykazał, że jego zasoby eksploatacyjne ustalone w 1968 r. w ilości 2500 m³/h (ówczesna kategoria B) są nieosiągalne. Maksymalnie udało się z niego pozyskać 961,9 m³/h (1988 r.) z tym, że wymagało to pompowania wody ze studni przy znacznie większych depresjach eksploatacyjnych niż ustalono je na etapie próbnych pompowań. Późniejsze ograniczenie poboru wody nastąpiło wskutek systematycznego zmniejszania się zapotrzebowania na wodę wodociągu komunalnego Kielc. Konieczność ograniczenia zasobów eksploatacyjnych wynikała także z potrzeby zapewnienia ciągłości przepływu rzeki Bobrzy. Skalę rozbieżności prognoz zasobowych obrazuje różnica pomiędzy zasobami eksploatacyjnymi ujęcia ustalonymi w 1968 r. w ilości 2500 m³/h a ich późniejszą korektą do ilości 630 m³/h dokonaną w 2009 r. Wynosi ona 1870 m³/h, co świadczy, że potwierdzone wieloletnią eksploatacją rzeczywiste zasoby ujęcia są niemal 4 razy mniejsze od ich wcześniejszej prognozy.

Rozbieżność prognozy zasobowej z 1968 r. ze stanem obecnym charakteryzuje też porównanie depresji przy ustalonych w 2009 r. wydajnościach eksploatacyjnych studni z depresjami prognozowanymi dla tych samych wydajności w dokumentacji

Tabela 7.3.4. Porównanie depresji określonych dla wydajności eksploatacyjnych studni ujęcia Zagnańsk ustalonych w 2009 r. z depresjami prognozowanymi dla tych wydajności w 1968 r.

Nr studni	Charakter studni	Wydajność eksploatacyjna (2009) [m ³ /h]	Depresja eksploatacyjna (2009) [m]	Wzrost depresji w odniesieniu do prognozowanej w 1968 r. [m]
1	eksploatacyjna	85,0	19,0	12,40
1a	awaryjna	35,0	15,0	11,20
2	awaryjna	60,0	8,0	5,70
2a	eksploatacyjna	85,0	22,5	20,30
3	eksploatacyjna	130,0	26,0	11,80
4	eksploatacyjna	95,0	32,7	12,70
5	awaryjna	50,0	24,25	4,9
6	nieczynna	50,0	18,0	5,0
7	eksploatacyjna	110,0	12,0	1,2
7a	wylączona z eksploatacji	nieczynna		–
8	eksploatacyjna	100,0	12,5	9,0
8a	awaryjna	80,0	8,5	6,4
9	nieczynna	80,0	23,0	4,0
10	nieczynna niepodłączona	–		–

*/ w latach 1983–1984

z 1968 r. (odczytane z wykresów próbnych pompowań). Są one od 4,9 do 20,3 m większe od stwierdzonych podczas próbnych pompowań indywidualnych (tab. 7.3.4).

Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Opisana powyżej rozbieżność wcześniejszych prognoz zasobowych z rzeczywistymi warunkami hydrodynamicznymi w rejonie ujęcia wynika bezpośrednio z metod zastosowanych dla obliczenia jego zasobów eksploatacyjnych. W 1968 r. ustalono je wyłącznie na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych studni przy braku pompowań hydrowęzłowych i pompowania zespołowego, a bilans wodny był zbyt optymistyczny. Liczono także na dodatkowe dopływy wody spoza zlewni tzw. „drogami dalekiego krążenia”. W bilansie nie uwzględniono potrzeby zachowania przepływu nienaruszalnego rzeki, zapewniającego między innymi odpowiednie rozcieńczenie odprowadzanych ze zlewni ścieków. Rozumiano jednak potrzebę obserwacji oddziaływania ujęcia na warunki wodne w zlewni górnej Bobrzy. W ramach współpracy z wodociągami kieleckimi Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach zorganizował sieć obserwacyjną (piezometry, studnie kopane, źródła, przelew Samsonów na rzece Bobrzy) i rozpoczął prowadzenie systematycznych obserwacji hydrogeologicznych i hydrologicznych (IG, Oddział Świętokrzyski w Kielcach, 1972). Pozwoliło to w miarę szybko zauważyć, że zachodzące zmiany warunków wodnych w rejonie ujęcia są większe niż to prognozowano w dokumentacji. Pierwszym sygnałem był nagły wzrost depresji eksploatacyjnych w studniach (IG, Oddział Świętokrzyski w Kielcach, 1979; Maszoński, 1975; Maszoński, Żak, 1980; Żak, 1980). Istotnym utrudnieniem w jednoznacznym określeniu zasięgu leja depresji ujęcia i ustalenia momentu jego względnej stabilizacji były i są wynikające z lokalnych zmian retencji duże amplitudy sezonowych i wieloletnich wahań zwierciadła wody w poszczególnych punktach obserwacyjnych. Skomplikowane kontakty hydrauliczne pomiędzy warstwami wodonośnych piaskowców są przyczyną, że tylko w części punktów można jednoznacznie stwierdzić, iż obserwowane w nich obniżenie zwierciadła wody jest ściśle związane z obniżeniem ciśnień piezometrycznych w ujętych studniami warstwach wodonośnych. Studnie kopane i część piezometrów ujmuje bowiem poziomy zawieszone w stosunku do warstw niżej leżących. W sposób jednoznaczny zaznaczyło się natomiast osuszenie Bobrzy i mniejszych cieków we wschodniej części zlewni. Na przelewie Samsonów coraz rzadziej rejestrowano stany wysokie. Zmniejszyły się też stany niskie. Nastąpił znaczny spadek wydajności źródeł, a nawet ich okresowe osuszenie. Tymczasem w metodyce badań hydrogeologicznych coraz większą uwagę zwracano na konieczność zachowania przepływu nienaruszalnego rzek. W sytuacji niedoborów wody w Kielcach i braku możliwości pozyskania większych ilości wody z istniejących studni wodociągi próbowały zwiększyć możliwości eksploatacyjne ujęcia przez odwiercenie dodatkowych studni. Działanie to nie przyniosło jednak oczekiwanych skutków. Reakcją na niepokojące sygnały były także różnego rodzaju opracowania hydrogeologiczne, nie kończące się jednak prawną korektą zasobów (Maszoński, 1975; Stelmach i in., 1980; Żak, 1980; Belcarz i in., 1983;

Mazurek, 1983; Buczkowski, Prażak, 1985; Prażak i in., 1990; Górnik, Filar, 2006; Nowicki, red., 2007). O konieczność zmniejszenia poboru wody i zasobów eksploatacyjnych ujęcia wnioskowano w nich głównie w oparciu o bilanse wodne zlewni górnej Bobrzy, podkreślając jednocześnie konieczność przywrócenia przepływu nienaruszalnego rzeki lub przynajmniej ciągłości jej przepływu. Od 1994 r. zapotrzebowanie Kielc na wodę z kierunku Zagnańska zaczęło się zmniejszać aż do ilości 362,5 m³/h w 2009 r., a Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. zdecydowały się na opracowanie dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej, w którym zasoby eksploatacyjne ujęcia skorygowano do ilości 630 m³/h (przyjęte przez marszałka województwa świętokrzyskiego w 2010 r.) (Knez i in., 2009). Praktyka wykazała, że proces prawnego ograniczenia ustalonych zbyt optymistycznie zasobów eksploatacyjnych ujęcia Zagnańsk trwał aż 41 lat.

Literatura

- Belcarz L., Buczkowski T., Prażak J., 1983. Program prac i badań dla udokumentowania zasobów wód podziemnych dla potrzeb aglomeracji Kielc. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Buczkowski T., 1983. Aneks nr 2 do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu, permu i triasu w kategorii „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Buczkowski T., Buczkowska D., 1984. Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. „B” ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu–triasu w rejonie Zagnańska. Sprawozdanie z prac wykonywanych na otworze dodatkowym nr 10. Aneks. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Buczkowski T., Prażak J., 1985. Projekt badań hydrogeologicznych dla ustalenia zasobów wody w kat. „C” obszarów perspektywicznych do budowy dużych ujęć w rejonie Ćmińsk–Zagnańsk–Szałas i weryfikacji zasobów w kat. „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Gaik Cz., 1968. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu, permu i triasu w kategorii „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Łodzi. Opracowanie archiwalne.
- Górnik M., Filar S., 2006. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych rejonu eksploatacji Zagnańsk–Strawczyn w tym GZWP 414 Zagnańsk. Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. z o.o. Opracowanie archiwalne.
- Herman G., 1983. Program badań geologicznych do tematu: Wpływ eksploatacji ujęcia komunalnego na zmiany warunków hydrogeologicznych w rejonie Zagnańska. Instytut Geologiczny O/Świętokrzyski w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Herman G., 2001. Sprawozdanie: Wpływ eksploatacji ujęcia komunalnego na zmiany warunków hydrogeologicznych w rejonie Zagnańska. Państwowy Instytut Geologiczny O/Świętokrzyski w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- IG Kielce, 1970. Strefy ochronne ujęć wody rejonu Zagnańska. Opracowanie archiwalne.
- IG, Oddział Świętokrzyski w Kielcach, 1972. Projekt badań i obserwacji hydrogeologicznych dla ustalenia reżimu wód podziemnych w rejonie Zagnańska. Opracowanie archiwalne.
- IG, Oddział Świętokrzyski w Kielcach, 1979. Opinia hydrogeologiczna w sprawie zasobów eksploatacyjnych ujęcia w Zagnańsku. Opracowanie archiwalne.
- IMiGW, Oddział w Krakowie, 1988. Bilans wodny górnej Nidy (po wodowskaz Brzegi). Opracowanie archiwalne.

- Knez J., Cichecka K., Mróz Ł., 2009. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych dla zaopatrzenia komunalnego – rejon Zagnańsk. Hydropol Ochrona Środowiska Wodnego, Kielce. Opracowanie archiwalne.
- Maszoński E., 1975. Zmiany reżimu wód podziemnych Doliny Białogońskiej i rejonu Zagnańska (Sprawozdanie wstępne). Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Maszoński E., Żak C., 1980. Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonach intensywnej eksploatacji: a) w rejonie Zagnańska, b) w Dolinie Białogońskiej, c) w Białym Zagłębiu. Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Mikuła B., 1970. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu, permu i triasu w kategorii „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Łodzi. Opracowanie archiwalne.
- Nowicki Z. (red.), 2007. Wody podziemne miast wojewódzkich Polski. Warszawa.
- Prażak J. i in., 1990. Kryteria i warunki eksploatacji dużych ujęć wód podziemnych w regionie świętokrzyskim. Państwowy Instytut Geologiczny O/Swiętokrzyski w Kielcach. Opracowanie archiwalne.
- Prażak J., Janecka-Styrz K., Kowalczevska G., Pachura W., 1996. Raport o jakości zwykłych wód podziemnych województwa kieleckiego na podstawie badań monitoringowych wykonanych w latach 1991–1995. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce.
- Stelmach M., Górski J., Marciniak M., Mazurek K., 1983. Analiza warunków eksploatacyjnych i zasobowych ujęcia wód podziemnych w Zagnańsku. Instytut Kształtowania Środowiska w Poznaniu. Opracowanie archiwalne.
- WIOŚ Kielce, 1992–2004. Wyniki regionalnego monitoringu wód podziemnych w województwie świętokrzyskim.
- Żak C., 1980. Aneks do opracowania „Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonach intensywnej eksploatacji: a) w rejonie Zagnańska, b) w Dolinie Białogońskiej, c) w Białym Zagłębiu”. Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach. Opracowanie archiwalne.

7.4. Ujęcia wód podziemnych na części triasowej monokliny krakowsko-śląskiej

7.4.1. Ujęcie Kosice dla Strzelce Opolskich

Józef Kryza

Wstęp

Ujęcie wód podziemnych Kosice położone jest w SW Polsce na zachód od Strzelce Opolskich (w Nowej Wsi Strzeleckiej). Teren należy do gminy Strzelce Opolskie, powiatu Strzelce Opolskie i województwa opolskiego. Właścicielem ujęcia są Strzeleckie Wodociągi i Kanalizacja Sp. z o.o. Pobór wody na ujęciu w latach 2008–2010 wynosił 4900–5100 m³/d. Woda przeznaczona jest na potrzeby zaopatrzenia ludności i inne cele komunalne miasta i gminy Strzelce Opolskie oraz miejscowego przemysłu. Ujęcie w Nowej Wsi Strzeleckiej (Kosice) zaopatruje w wodę następujące miejscowości: miasto Strzelce Opolskie, Szymiszów, Biadacz, Rożniatów, Warmatowice, Brzeziny, Szczepanek, Dziewkowice. Ujęte są szczelino-

wo-krasowe warstwy wodonośne środkowego triasu (3 studnie o głębokości 85–95 m) oraz szczelinowo-porowe warstwy dolnego triasu, permu i dolnego karbonu (2 studnie o głębokości 287 i 300 m). Dokumentacje hydrogeologiczne zawierające ustalenie zasobów eksploatacyjnych ujęcia powstały w 1973 i 2003 r. Studnie ujmujące wody środkowego triasu czynne są od 1973 r., a studnie głębokie włączono w 2003 r.

Lokalizacja i informacje podstawowe

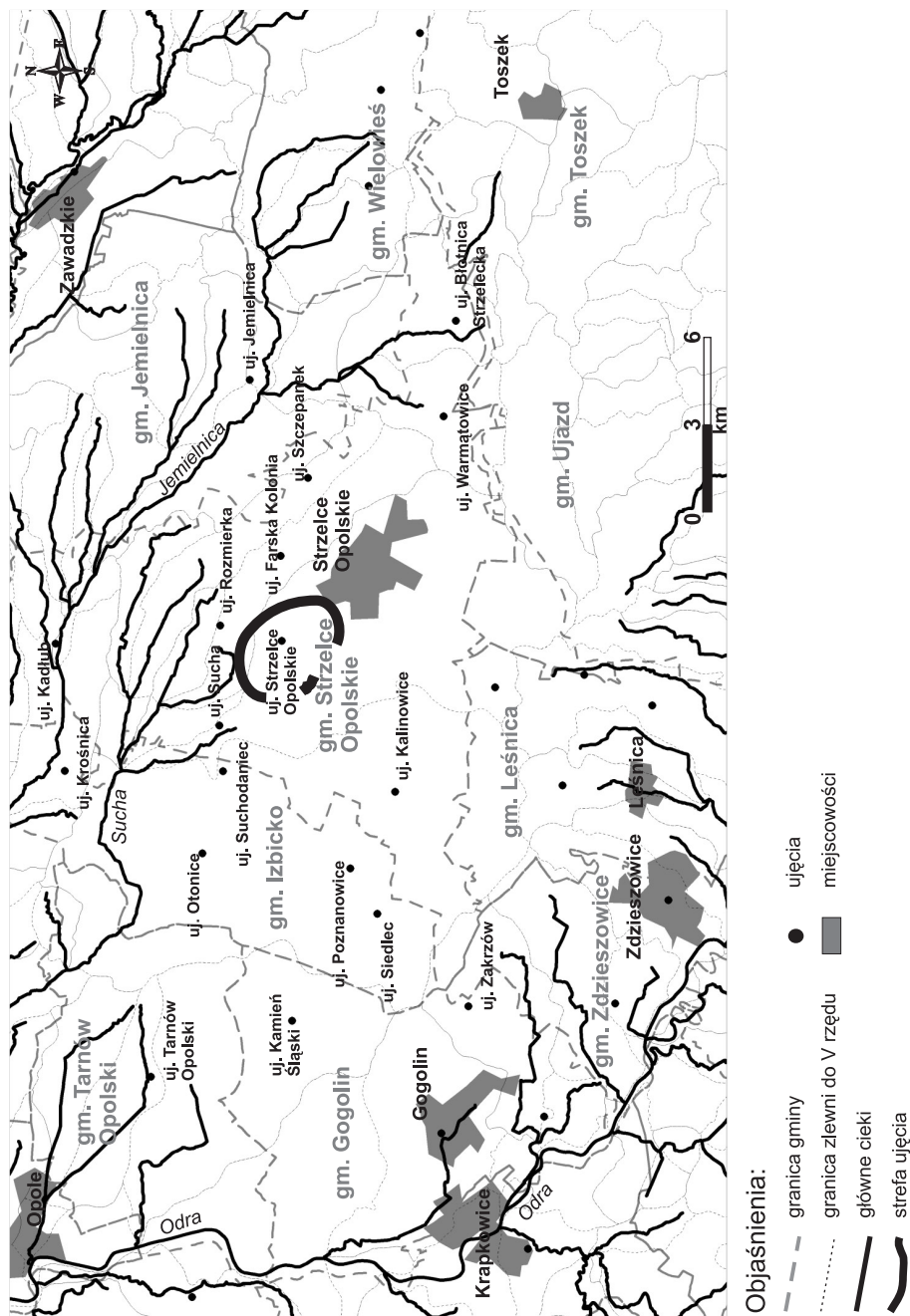
Ujęcie Kosice położone jest w rejonie pomiędzy miejscowościami Nowa Wieś Strzelacka, Sucha i Rozmierka (rys. 7.4.1). Zlokalizowane są w odległości około 1000 i 2000 m na NW od zabudowań Nowej Wsi Strzeleckiej i w odległości około 1000 m od drogi A4. Ujęcie położone jest na obszarze Działów Strzeleckich. Otoczenie stanowi lekko falista wysoczyzna, pozbawiona sieci hydrograficznej. Najbliższy potok przepływa w N części okolic ujęcia (Rozmierska Woda). Wpada on do rzeki Suchej, największego dopływu rzeki Jemielnicy stanowiącej dopływ Małej Panwi w dorzeczu Odry. Drugim ciekim jest Roźniątowski Potok wypływający w Roźniątowie i zanikający w wyrobisku na zachód od ujęcia Kosice.

Obszar badań należy do makroregionu Wyżyny Śląskiej (podprowincja Wyżyny Śląsko-Krakowskiej). Odmienne ukształtowana jest powierzchnia terenu w południowej i północnej części obszaru. Na południu dominują elementy rzeźby wyżynnej wyrażone przez wzniesione krawędzie morfologiczne. Pierwsza przebiega na południe od ujęcia na linii Kamień Śląski–Strzelce Opolskie–Jemielnica, i osiąga wysokość 180–220 m n.p.m. Druga, o rzędnych terenu 230–270 m n.p.m., biegnie na wschód od ujęcia, tworząc izolowane pagóry. Część północna obszaru to równina o rzędnych terenu 160–180 m n.p.m. z pojedynczymi wyniesieniami. Rzędne wysokościowe terenu zajętego przez studnie mieszczą się w granicach 200–215 m n.p.m.

Obszar Strzelec Opolskich znajduje się w hydrogeologicznym podregionie triasu opolskiego (Kryza, Kryza, 2000), gdzie wody szczelinowe w utworach krystalicznych paleozoiku i prekambriu występują na głębokości ponad 600 m, a podstawowy zbiornik wód podziemnych związany jest z pokrywą osadową monokliny śląskiej reprezentowaną przez skały dolnego karbonu, permu i triasu. W regionalizacji hydrogeologicznej Polski teren ujęcia znajduje się w prowincji wyżynnej w regionie XII – triasu śląskiego. W podziale na JCWPd położony jest on w jednolitej części wód podziemnych nr 116, w subregionie południowym środkowej Odry (Paczyński, Sadurski, red., 2007).

Przedstawienie problematyki badawczej ujęcia

Głównym problemem badawczym jest ocena wiarygodności metod zastosowanych do obliczenia zasobów eksploatacyjnych i prognoz eksploatacyjnych ujęcia Kosice w rejonie Strzelec Opolskich w świetle potwierdzonego ponad 100-letnią eksploatacją oddziaływania ujęć triasowego poziomu wodonośnego na warunki wodne. Ocenie poddano także stałość własności fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wody. Ujęcie znajduje się w obszarze o korzystnych warunkach zawodnienia, ale bardzo niskiej odporności warstw na zanieczyszczenie oraz silnej technopresji. Ujęcie Kosice jest wielootworowym i wielopoziomowym ujęciem studniami wier-



Rys. 7.4.1. Położenie ujęcia w układzie hydrograficznym, administracyjnym i hydrostrukturalnym

conymi. Zasilanie jego zasobów eksploatacyjnych następuje z dopływów wód podziemnych z górnej części zlewni oraz infiltracji opadów do odsłoniętych w jego otoczeniu skał wapienia muszlowego. Podatność na czynniki klimatyczne (susze, opady i tajanie pokryw śnieżnych) jest znaczna. Brak cieków i wód powierzchniowych wokół Kosic nie daje możliwości zaistnienia uzupełniającego zasilania. W obrębie leja depresyjnego ujęcia następuje zagrożenie dla jakości wód (presja geogeniczna) ze strony jonów siarczanowych zmineralizowanych wód retu. Widoczne jest także uszczuplenie zasobów odnawialnych z powodu odwodnienia wyrobiska wapieni w pobliskiej Rozmierce z wydajnościami dochodzącymi do 50 tys. m³/d, przy depresji do 30 m. Wpływa to na zmianę kierunków przepływów wód podziemnych i zasięg strefy spływu wody do studni. Następuje także drenaż wód do studni górnego poziomu z pobliskich obiektów: miejskiej oczyszczalni ścieków, składowiska odpadów komunalnych, cmentarza komunalnego i terenu zabudowy miasta Strzelce Opolskie. Obserwuje się wyraźne zmiany jakości wody podziemnej oraz długoterminowe trendy wzrostu niektórych jej składników. W części studni zanotowano pogorszenie jakości czerpanych wód. Ujęcie nie wykazuje wzmożonego oddziaływania na ekosystemy zależne od wód podziemnych, ale w pobliskim otoczeniu w ciągu kilkudziesięciu ostatnich lat w rejonie Strzelce Opolskich nastąpiły ogólnie znaczne zmiany w sieci hydrograficznej. Po wykonaniu dwóch nowych studni przeprowadzono weryfikację wielkości zasobów eksploatacyjnych rozbudowanego ujęcia. Wymagany teren ochrony pośredniej płytszych studni był wielokrotnie przedmiotem projektów, lecz dopiero w 2010 r. został zatwierdzony. Lej depresyjny tego odwodnienia ma zasięg zależny od intensywności zasilania wód podziemnych opadami (Kryza i in., 2009a). W obecnych warunkach południowy zasięg granicy 25-letniego spływu wód podziemnych do studni nr 2a i 3a, przy poborze rzędu 11 280 m³/d i odwodnieniu kopalni z depresją do rzędnej około 188,5 m n.p.m. sięga południowych granic miasta Strzelce Opolskie. Ujęcie nie ma własnego monitoringu osłonowego, choć rolę tę pełni prowadzony od kilkunastu lat monitoring wód podziemnych w rejonie miasta Strzelce Opolskie. Przeprowadzona w 2002 r. rozbudowa ujęcia umożliwiła zwiększenie jego zasobów eksploatacyjnych, ale przyniosła także wcześniej nie przewidziane problemy z jakością wody.

Historia badań hydrogeologicznych

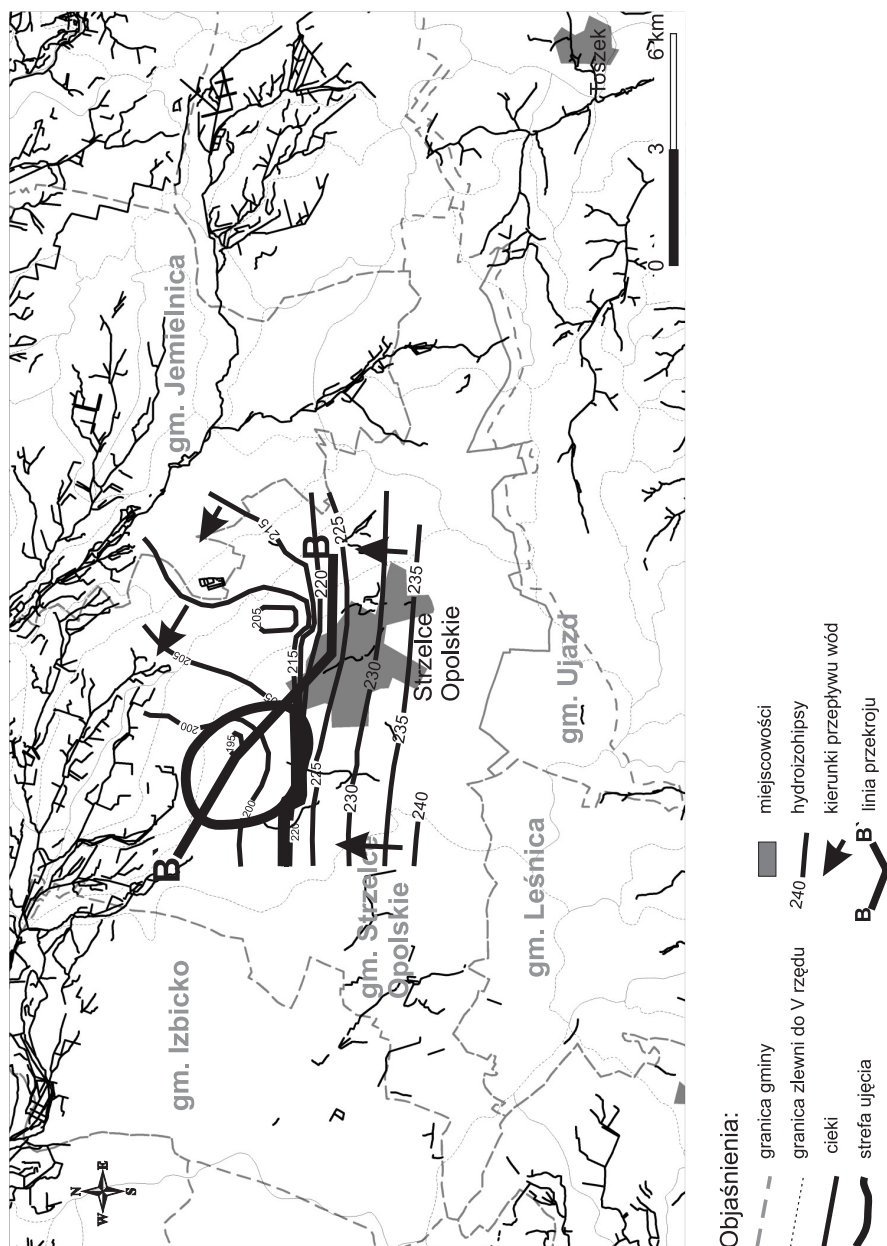
Badania hydrogeologiczne triasu opolskiego wiążą się z zagospodarowaniem złóż wapieni i margli oraz ujmowaniem wód dla lokalnych ujęć, które budowane były na tym terenie prawie od 100 lat. Od 1973 r. wzrasta zainteresowanie zasobami wodnymi tej formacji. W 1970 r. opracowano regionalną dokumentację hydrogeologiczną regionu opolskiego, w której przedstawiono rozwój idei o intensywniejszym wykorzystaniu wód triasu opolskiego (Różycki i in., 1970). Prace, które wniosły postęp w rozpoznaniu wodoności utworów triasu, pozwoliły na projektowanie studni w rejonie Kosic. Już w 1974 r. zaprezentowano opis wodoności formacji triasowej Opolszczyzny (Kleczkowski, Różycki, 1974) a rok później opracowano projekt badań hydrogeologicznych. W 2000 r. zbudowano wielowarstwowy model numeryczny triasu opolskiego w programie VISUAL Modflow. W latach 1997–2010 zespół autorów H. Kryza, J. Kryza oraz W. Kleśta wykonał szereg dokumentacji hydro-

geologicznych, projektów badań, opinii, opracowań koncepcyjnych i sprawozdań z monitoringu oraz opracowań związanych z ujęciami miasta Strzelce Opolskie i obiektami w jego sąsiedztwie (Kryza i in., 2001; Kryza i in., 2003; Kryza i in., 2006).

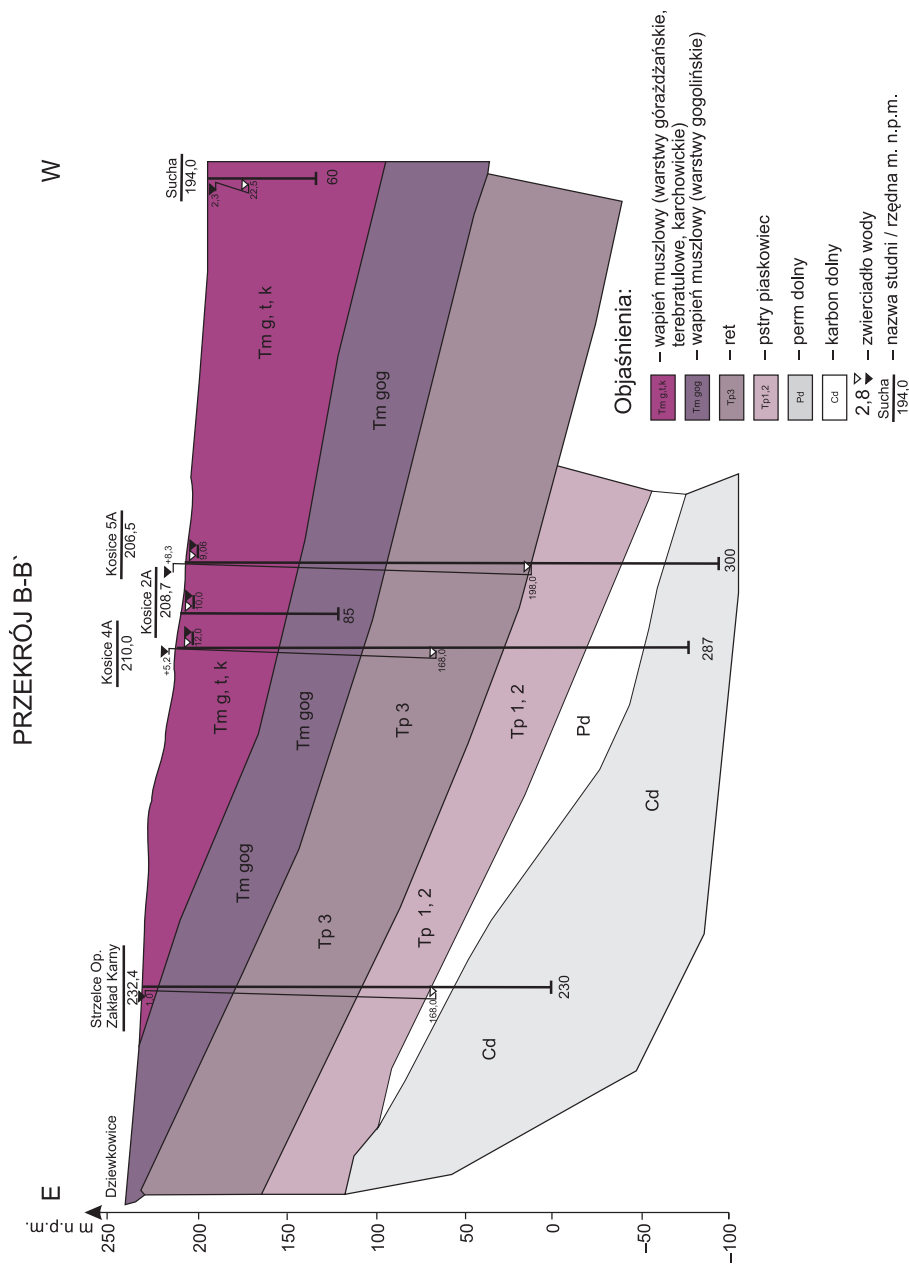
Warunki hydrogeologiczne

W skład struktury geologicznej rejonu Strzelec Opolskich wchodzi utwory karbonu i permu oraz triasu i czwartorzędu. Osady dolnego karbonu stanowiące głębokie podłoże zbiorników triasowych wykształcone są w postaci szarogłazów, piaskowców i mułowców. W rejonie Szymiszów–Strzelce Opolskie zalegają one na głębokości ponad 240 m p.p.t. Lokalnie pojawiają się także piaskowce i zlepieńce permu. Obie te formacje są częścią składową dolnego poziomu wodonośnego w rejonie Strzelec Opolskich. Osady triasowe reprezentowane są przez utwory pstręgo piaskowca i retu (dolny trias) oraz wapienia muszlowego (środkowy trias). Pstrzy piaskowiec dolny i środkowy to zespół zlepieńców, piaskowców i mułowców z wkładkami łożysk. Wyżej zalegają margle, wapienie i dolomity górnego pstręgo piaskowca, czyli retu, o miąższości około 80 m. W skałach tych stwierdza się wtrącenia i soczewy gipsu i anhydrytu. Bezpośrednio na tych skałach zalegają obecne również na powierzchni wapienie i margle poziomu wapienia muszlowego (miąższość do 60 m). Stanowią je, idąc od spągu, warstwy gogolińskie wykształcone jako wapienie, wapienie margliste i margle. Na nich zalegają warstwy góraždzańskie wykształcone jako grubofawicowe wapienie o znacznej porowatości oraz warstwy terebratulowe o miąższości kilkunastu metrów, które budują margle cienkopłytowe oraz wapienie detrytyczne. Wyżej stwierdza się dolomity i wapienie dolomityczne warstw karchowickich. Zespół warstw: gogolińskich, góraždzańskich i terebratulowych odsłania się w bezpośrednich peryferiach miasta Strzelce Opolskie w strefie ujęcia Kosice. Górny wapień muszlowy (warstwy jemielnickie) odsłania się w rejonie na północ od Rozmierki. Jeszcze dalej ku północy serie węglanowe środkowego triasu przykryte są łożyskami górnego triasu (kajpru). Skały triasowe zapadają pod łagodnym kątem około 5° w kierunku NE i wykazują znaczne zaangażowanie tektoniczne wyrażające się w postaci licznych uskoków o amplitudzie od kilku do kilkudziesięciu metrów. Osady czwartorzędowe wykazują zróżnicowane wykształcenie i rozprzestrzenienie. Lokalnie w obniżeniach morfologicznych, na północ i zachód od Strzelec Opolskich, występują piaski i żwiry zlodowacenia środkowopolskiego (1–2 m, miejscami do 5 m).

Na opisywanym obszarze występują trzy poziomy wodonośne o znaczeniu użytkowym: poziom górny obejmujący zawodnione serie wapienia muszlowego, poziom środkowy w dolomitach retu oraz poziom dolny obejmujący osady pstręgo piaskowca i permokarbonu. Poziom wodonośny górny obejmuje warstwy gorazdeckie, terebratulowe i karchowickie. Poziom charakteryzuje się swobodnym lub subartezyjskim zwierciadłem wód podziemnych i jest bardzo zasobny. Jest on ujmowany przez cały szereg studni, m.in. ujęcia Kosice (rys. 7.4.1). Poziom środkowy ma swe wychodnie na południe od zasięgu warstw gorazdeckich i gogolińskich obejmuje stropowe partie retu, tzw. warstwy błotnickie. Ujmują go m.in. studnie ujęcia miejskiego zlokalizowane w centrum miasta Strzelce Opolskie i studnie bazy PKS. W kierunku północnym wodonośność tych skał wyraźnie maleje. Zwier-



Rys. 7.4.2. Mapa stanu hydrodynamicznego poziomu wodonośnego wapienia muszlowego i retu w rejonie ujęcia Kosice w okresie maksymalnego odwodnienia wyrobiska Strzelce Opolskie



Rys. 7.4.3. Przekrój hydrogeologiczny przez ujęcie Kosice

ciadło wód podziemnych poziomu retu wykazuje charakter naporowy. Poziom dolny występuje w piaskowcach dolnego triasu (dolny i środkowy pstry piaskowiec) i ujmowany jest przez studnie byłej Mleczarni, Zakładu Karnego nr 1 w Strzelcach Opolskich oraz studnie nr 4a i 5a wodociągów w Nowej Wsi Strzeleckiej. Zwierciadło wody ma charakter artezyjski. Te trzy podstawowe wymienione wyżej poziomy wodonośne tworzą główne zbiorniki wód podziemnych na tym obszarze: GZWP-333 Opole-Zawadzkie (wapień muszlowy, ret) oraz GZWP-335 Krapkowiце-Strzelce Opolskie (dolny i środkowy pstry piaskowiec).

Jakość wód poziomów wodonośnych jest różna i zależy od stopnia ich odsłonięcia i nagromadzenia ognisk zanieczyszczeń. Wody wapienia muszlowego charakteryzują się odczynem słabo zasadowym lub rzadziej słabo kwaśnym ($\text{pH} = 6,7\text{--}8,05$), mineralizacją w granicach $230\text{--}500\text{ mg/l}$, twardością ogólną $4\text{--}10\text{ mval/l}$. Wśród anionów przeważają siarczany lub wodorowęglany, a wśród kationów wapń i magnez. Generalnie, w zakresie podstawowych elementów, z wyjątkiem azotanów, nie obserwuje się w składzie chemicznym wody wartości ponadnormatywnych. Stężenia azotanów w wodach podziemnych rzadko spadają poniżej 50 mg/l . Sytuacja taka występuje w Kosicach oraz ich otoczeniu w Suchej, Rożniątowie, Kalinowicach, Szczepanku, Dziewkowicach, Błotnicy Strzeleckiej i Warmątowicach.

Nie są zanieczyszczone związkami azotu wody wapienia muszlowego w północnej części gminy, gdzie występuje izolująca utwory wodonośne pokrywa kajpru. Wody retu wykazują znacznie wyższy od wód wapienia muszlowego stopień mineralizacji (do 740 mg/l), wyższą twardość ogólną (do $18,7\text{ mval/l}$) oraz wyższe zawartości siarczanów (do 705 mg/l). Wyższe od norm stężenia siarczanów ($> 250\text{ mg/l}$) typowe są dla wód retu prawie w całym otoczeniu ujęcia Kosice. Są one w dużej części efektem rozpuszczania gipsów i anhydrytów, bardzo pospolitych w tych skałach. Najwyższe zawartości siarczanów są w wodach ujęć komunalnych i zakładowych w Strzelcach Opolskich. Także wysokie koncentracje strontu (do 12 mg/l) występują w rejonie eksploatacji wód retu na południe od Kosic. Wody dolnego i środkowego pstręgo piaskowca w otoczeniu Strzelec Opolskich charakteryzuje niska mineralizacja ($\text{TDS} = 130\text{--}137\text{ mg/l}$), niskie i stabilne zawartości siarczanów (5 mg/l) oraz bardzo niskie stężenia chlorków (do 1 mg/l). Żaden z analizowanych w trakcie monitoringu tego poziomu elementów nie przekracza wartości normatywnych dla wód pitnych. Wodę z pstręgo piaskowca rejonu Strzelec Opolskich zaliczyć można do wysokiej klasy jakości. Jednak zdecydowanie inną jakość wykazuje woda w studni nr 2 ujęcia w Szymiszowie. Jest to woda o wysokiej mineralizacji ($400\text{--}1300\text{ mg/l}$), wysokiej twardości ($5\text{--}36\text{ mval/l}$) oraz wysokich stężeniach siarczanów ($113\text{--}1838\text{ mg/l}$), magnezu ($22\text{--}95\text{ mg/l}$), wapnia ($72\text{--}600\text{ mg/l}$) i żelaza ($0,2\text{--}15\text{ mg/l}$). Niższe wartości dotyczą zawartości danego składnika w wodzie tej studni oznaczonej w 1985 r. po jej odwierceniu. Tak drastyczna zmiana jakości nastąpiła nie jako efekt zanieczyszczenia z powierzchni terenu, ale wskutek przepływu zmineralizowanych wód retu do eksploatowanej warstwy. Studnia była użytkowana zbyt intensywnie i najprawdopodobniej jest źle wykonana. W kilkunastu istniejących studniach zafiltrowanych w osadach pstręgo piaskowca w otoczeniu Strzelec Opolskich występują stale wody wysokiej lub dobrej jakości.

Tabela 7.4.1. Zmiany jakości wody obszaru triasu opolskiego w latach 1950–2004

Wskaźnik jakości	1950–1980	1997–1998	2002–2004
	maks.–min. śr.	maks.–min. śr.	maks.–min. śr.
Azotany NO ₃ [mg/l]	26,5–0,01 6,09	95,92–0,1 27,7	77,9–0,01 27,3
Azotyny NO ₂ [mg/l]	10,0–ślad 0,15	11,06–<0,1 0,1	0,41–0,01 0,052
Siarczany [mg/l]	1320–2,93 108,6	1039–0,5 107,4	749–2,0 91,7
Chlorki Cl [mg/l]	96,3–1,0 22,8	129,5–0,1 31,6	69,2–4,6 22,4
Żelazo Fe [mg/l]	38,0–ślad 1,12	2,14–< 0,001 0,13	17,3–<0,01 0,24
Sucha pozostałość TDS [mg/l]	2586–37,6 491,6	2234–71,0 594	1450–127,0 497

Jakość wód podziemnych w gminie Strzelce Opolskie w ostatnich 20 latach uległa znacznemu pogorszeniu (tab. 7.4.1). Pojawiła się wysoka mineralizacja i twardość oraz nadmiar azotanów, siarczanów i strontu. W centralnej i południowej części gminy w wodach wapienia muszlowego występują podwyższone stężenia azotanów, a ich zawartość w studniach ujęć dla miasta Strzelce Opolskie i okolicznych wsi systematycznie wzrasta.

Opis ujęcia

Użytkownikiem ujęcia wodociągowego Kosice w Nowej Wsi Strzeleckiej są Strzeleckie Wodociągi i Kanalizacja Sp.z o.o. W ramach swej działalności spółka jest właścicielem i eksploatuje jeden wodociąg zbiorowy i siedem wodociągów grupowych oraz mechaniczno-biologiczną oczyszczalnię ścieków, do której doprowadzane są ścieki z terenu kilku sąsiednich gmin. Długość sieci wodociągowej w mieście i gminie wynosi 155,6 km. W skład systemu wodociągowego wchodzi: studnie głębinowe, zbiorniki magazynujące wodę, pompownie II°, hydrofory sieci wodociągowych magistralnych i rozdzielczych oraz przyłączy wodociągowych. Mają one wyższe niż są aktualnie wykorzystywane możliwości techniczne dostawy wody, oparte głównie na zbiornikach hydroforowych. Ujęcie wodociągowe Kosice zlokalizowane jest około 800–1200 m na północny zachód od Nowej Wsi Strzeleckiej, na obszarze leśnym (rys. 7.4.1). Wszystkie studnie nr 2a, 3a, 4a, 5a i 1a oraz urządzenia do poboru wody zlokalizowane są w obrębie ogrodzonych działek będących jednocześnie terenami ochrony bezpośredniej. Ujęcie wodociągu grupowego stanowią dwie czynne studnie (nr 2a i 3a) z 1973 r. o głębokościach 85,0 m ujmujące wody środkowego triasu (wapienia muszlowego) oraz dwie studnie (nr 4a i 5a) z 2002 r. o głębokościach 287–300 m ujmujące wody pstrego piaskowca, permu i karbonu (rys. 7.4.3, tab. 7.4.2). Na ujęciu znajduje się również studnia nr 1a powstała w 1971 r., o głębokości 95 m, nieczynna od około 15 lat. Studnia nr 3a od pewnego czasu pełni rolę studni awaryjnej. Jest eksploatowana sporadycznie z powodu znacznej ponadnormatywnej koncentracji siarczanów w wodzie.

Tabela 7.4.2. Parametry geologiczno-techniczne studni ujęcia komunalnego Kosice w 1973 r. (2a, 3a, 1a) i 2002 r. (4a, 5a)

Nr studni	Głębokość studni [m]	Stratygrafia ujętego poziomu wodonośnego	Głębokość filtra [m]		Próbne pompowanie		
			od [m]	do [m]	wydajność Q max [m ³ /h]	depresja S [m]	wydatek jednostkowy q [m ³ /h/m]
2a	85	trias środkowy	40	70	170,3	1,9	83,6
3a	85	trias środkowy	40	70	137,7	1,0	137,7
4a	282	trias dolny–perm górny	195	275	39,0	24,30	1,65
5a	300	trias dolny–perm górny karbon dolny	210	290	59,4	32,3	1,84
1a	95	trias środkowy	54,5	83,3	214,4	1,3	164,9

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych ujęcia

Aktualnie ujęcie wodociągowe Kosice ma zatwierdzone zasoby wodne dla utworów triasu (wapień muszlowy) eksploatowanych studniami 2a i 3a w ilości do 470,0 m³/h przy depresji 5,0 m (w ramach zatwierdzonych zasobów dla rejonu kredy opolskiej) decyzją MOŚZNiL z dnia 10 października 1990 r. nr KDH/013/5445/90 oraz zatwierdzone zasoby dla utworów triasu dolnego, permu i karbonu eksploatowanych studniami nr 4a i 5a w ilości do 85,0 m³/h przy depresji 14–24 m (decyzja wojewody opolskiego z dnia 19 lutego 2003 r. nr ŚR.II-KM-7441/7/02/03). Decyzją starosty strzeleckiego (ROŚ.6223-22/05 z dn. 10 stycznia 2006 r.) wydano pozwolenie wodnoprawne na pobór wody ze studni nr 2a, 3a, 4a i 5a w ilości łącznej: $Q_{sr.d} = 4050 \text{ m}^3/\text{d}$; $Q_{max.d} = 11\,160 \text{ m}^3/\text{d}$; $Q_{max.godz.} = 465 \text{ m}^3/\text{h}$.

W 1973 r. zasoby eksploatacyjne ujęcia utworów triasu środkowego ustalono na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych studni nr 1a, 2a i 3a (tab. 7.4.2, 7.4.3). Przyjęto je w ilości 470 m³/h stanowiącej 99% maksymalnej wydajności studni. W 2003 r. zasoby eksploatacyjne ujęcia utworów triasu dolnego ustalono na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych studni nr 4a i 5a (tab. 7.4.2, 7.4.3). Przyjęto je w ilości 85 m³/h stanowiącej 86% maksymalnej wydajności studni. Nie stwierdzono podczas badań i ośmioletniej eksploatacji oddziaływania studni na siebie i obniżenia ich wydajności. Zasięgi lejów depresyjnych w studniach obliczono na około 300 m. Ich poprawność potwierdzają próbne pompowania zespołowe w okresie 23 grudnia 2003–21 stycznia 2004 r. i dotychczasowa eksploatacja. Depresja rejonowa w sąsiedztwie ujęcia nie przekracza 2 m. Obszar zasilania ujęcia jest niestabilny ze względu na oddziaływanie na pole hydrodynamiczne, głównie górnego poziomu, zmiennego w czasie ostatnich kilkunastu lat odwodnienia leżącego 3,5 km na wschód od ujęcia wyrobiska byłej cementowni Strzelce Opolskie (rys. 7.4.4). Zasięg obszaru spływu wód podziemnych do studni nr 2a i 3a ujęcia w Nowej Wsi Strzeleckiej ustalono na podstawie wyników modelowania przepływu. Przy poborze wody ze studni nr 2a i 3a na poziomie 4300 m³/d po przeprowadzeniu symulacji modelowych uzyskano zasięg obszaru spływu wód do ujęcia Kosice równy 5,2 km. Napływ podstawowej ilości wód do ujęcia w Nowej Wsi Strzeleckiej odbywa

Tabela 7.4.3. Wydajności eksploatacyjne studni ujęcia komunalnego Kosice w 1973 r. (2a, 3a, 1a) i 2002 r. (4a, 5a)

Nr studni	Status studni	Wydajność eksploatacyjna [m ³ /h]	Depresja [m]	Depresja do rzędnej [m n.p.m.]
2a	eksploatacyjna	170,3	1,9	206,8
3a	awaryjna	137,7	1,0	207,0
4a	awaryjna	35,0	14,0	200,0
5a	eksploatacyjna	50,0	24,0	190,2
1a	nieczynna	165,6	1,3	209,4
Razem		558,6		

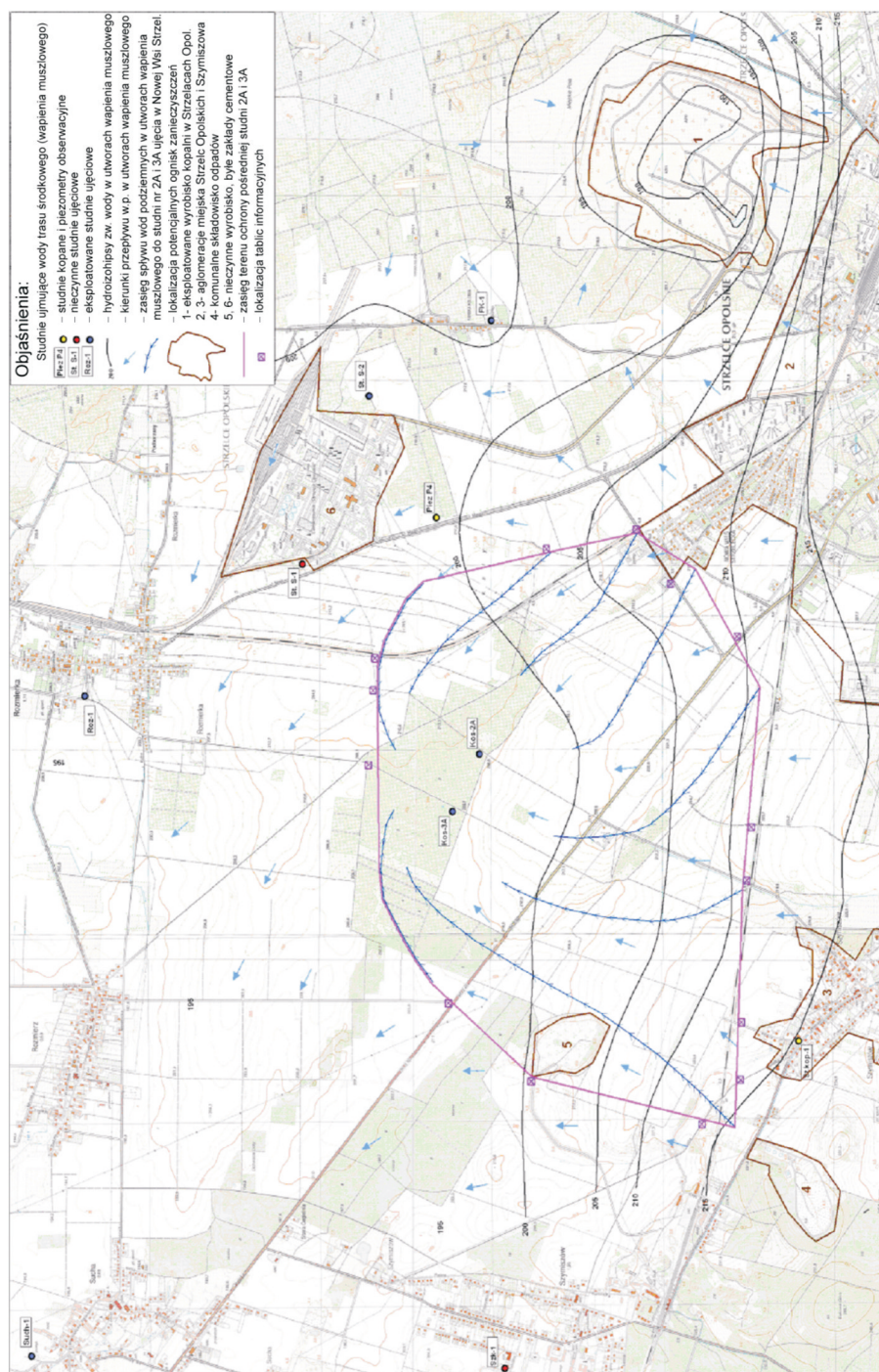
się z południa (rys. 7.4.4). Szerokość strefy zasilania wynosi w południowej części około 3 km, a w północnej około 4 km. Za obszar zasobowy uznano teren o powierzchni około 20 km². Ulega on także zmianom, co utrudnia bardzo wyznaczenie terenu ochrony pośredniej studni nr 2a i 3a (Kryza i in., 2009b).

Charakterystyka poboru wody i jej jakości

W 2008 r. średnia produkcja wody na ujęciu Kosice w Nowej Wsi Strzeleckiej wahała się w granicach 4900–5600 m³/d (tab. 7.4.4). Największy pobór odnotowano w maju – 5600 m³/d. Ze studni nr 2a ujmującej wody wapienia muszlowego maksymalny pobór odnotowano w miesiącu czerwcu i wynosił on około 4082 m³/d. Właściciel i użytkownik ujęcia na podstawie prognoz rozwoju gospodarczego i zmian demograficznych ustalił następujące docelowe wartości potrzeb wodnych. Do 2015 r. średnia dobową wydajność ujęcia powinna utrzymać się na podobnym poziomie 5000–5200 m³/d. W latach 2015–2020 średnia dobową wydajność

Tabela 7.4.4. Produkcja wody na ujęciu Kosice w Nowej Wsi Strzeleckiej w 2008 r. [m³]

Rok 2008	Studnia nr 2A	Studnia nr 3A	Studnia nr 4A	Studnia nr 5A
Styczeń	89 780	–	25 452	37 800
Luty	88 997	–	24 192	31 800
Marzec	72 380	–	25 203	53 172
Kwiecień	81 440	–	24 801	47 548
Maj	99 020	–	26 310	47 360
Czerwiec	92 460	–	24 933	14 813
Lipiec	107 050	–	25 721	27 489
Sierpień	102 440	–	25 642	25 535
Wrzesień	122 456	–	25 434	Awaria
Październik	97 600	–	26 579	6 502
Listopad	98 930	–	23 646	10 092
Grudzień	116 150	–	24 505	8 110
Razem:	1 168 703	–	302 418	310 221
Łącznie wszystkie studnie	1 781 342			



Rys. 7.4.4. Elementy ujęcia Kosice

kształtować się może na poziomie 5200–5400 m³/d, a maksymalny dobowy rozbiór wody może przekraczać 6000 m³/d.

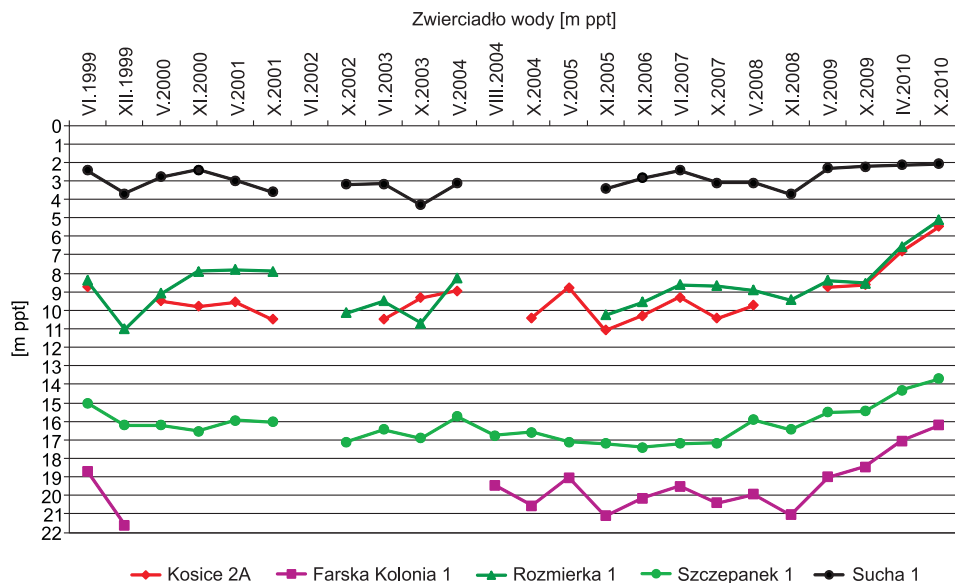
Na ujęciu Kosice obserwujemy od 2005 r. wyraźny wzrost koncentracji siarczanów i twardości ogólnej w dwóch o różnej głębokości sąsiadujących studniach 3a i 5a. Trudno jest jednoznacznie określić przyczyny zaistnienia takiej sytuacji, jednak dotychczasowe badania wskazują, że najbardziej prawdopodobne jest przenikanie podczas eksploatacji studni 3a i 5a wysoko zmineralizowanych wód poziomu retu do wyżej ległych wód wapienia muszlowego i niżej ległych wód pstręgo piaskowca.

W studni nr 2a ujmowana woda charakteryzuje się odczynem pH 7,3–7,5 oraz mineralizacją ogólną na poziomie 811 mg/l. Wyniki ostatnich pomiarów wskazują iż twardość ogólna utrzymuje się na poziomie 10 mval/l. Związki azotowe w ostatnich latach oscylowały wokół wartości: NH₄ – 0,02–0,03 mg/l, azotyny NO₂ – 0,01 mg/l, NO₃ – 35–50 mg/l. W okresie 2005–2009 koncentracja siarczanów utrzymywała się na poziomie 220–270 mg/l (ostatnio 218 mg/l), wapnia – 180–200 mg/l. W nieeksploatowanej obecnie studni nr 3a ujmowana woda charakteryzuje się odczynem pH 7,2–7,45 oraz mineralizacją ogólną na poziomie 970–1075 mg/l. Wyniki ostatnich pomiarów (maj 2009) wskazują, że twardość ogólna utrzymuje się na poziomie 15 mval/l. Związki azotowe w ostatnich latach oscylowały wokół wartości: NH₄ – 0,03 mg/l, azotyny NO₂ – 0,03–0,06 mg/l, NO₃ – 1–2 mg/l. W okresie 2005–2009 koncentracja siarczanów utrzymywała się na poziomie 550–880 mg/l (ostatnio 560 mg/l), wapnia 210–290 mg/l. W studni nr 4a ujmowana woda charakteryzuje się odczynem pH 7,45–7,9 oraz mineralizacją ogólną na poziomie 220–240 mg/l. Twardość ogólna utrzymuje się na poziomie 4,1–4,4 mval/l. Związki azotowe w ostatnich latach oscylowały wokół wartości: NH₄ – 0,02 mg/l, azotyny NO₂ – 0,01 mg/l, NO₃ poniżej 1,0 mg/l. W okresie 2005–2008 koncentracja siarczanów utrzymywała się na poziomie 30–80 mg/l, wapnia – 50–60 mg/l. W studni nr 5a ujmowana woda charakteryzuje się odczynem pH 7,5–7,6 oraz mineralizacją ogólną na poziomie 620–780 mg/l. Twardość ogólna utrzymuje się na poziomie 12–15 mval/l. Związki azotowe w ostatnich latach oscylowały wokół wartości: NH₄ – 0,03 mg/l, azotyny NO₂ – 0,01 mg/l, NO₃ – poniżej 1,0 mg/l. W okresie 2005–2008 koncentracja siarczanów utrzymywała się na poziomie 420–540 mg/l, wapnia 170–200 mg/l (Kryza i in., 2009b).

Oddziaływanie ujęcia na otoczenie

Aktualny stan hydrodynamiczny ujętego poziomu wodonośnego w warunkach maksymalnej eksploatacji ujęcia i odwodnienia wyrobisk surowców przemysłu cementowego prezentuje mapa uzyskana metodą modelowania (rys. 7.4.4).

Warunki eksploatacji ujęcia zależne są nie tylko od własności warstw wodonośnych i zasilania, ale także oddziaływania innych obiektów położonych w sąsiedztwie ujęcia. Depresje w studniach górnego poziomu utrzymują się od wielu lat w granicach 1–2 m. Depresje w studniach dolnego poziomu wynoszą obecnie 24–34 m. Depresja rejonowa wynosi odpowiednio około 2 i 30 m. Kształt i zasięg leja depresji ilustruje mapa hydroizohips uzyskana dla stanu maksymalnego oddziaływania na modelu numerycznym rejonu ujęcia (rys. 7.4.4). Pomiary w studniach wskazują, że występują duże zmiany statycznego zwierciadła wody. W gór-



Rys. 7.4.5. Wykresy zmian zwierciadła wody w studniach na ujęciu Kosice i w ujęciach w jego otoczeniu

nym poziomie dochodzą one do 6,5 m, a w dolnym są trudne do oceny. Podobne wahania zwierciadła wód podziemnych zmierzono w kilku studniach wokół ujęcia w Koscicach (rys. 7.4.5).

Określenie zmian jakości wód w trakcie eksploatacji

Na obszarze lokalizacji ujęcia wodociągowego w Nowej Wsi Strzeleckiej panują trudne warunki do ochrony wód. W bezpośrednim rejonie lokalizacji ujęcia znajdują się lasy oraz pola uprawne. Prowadzona intensywna uprawa roli i gospodarka hodowlana sprzyjają migracji do środowiska wodnego głównie związków azotu. W strefie spływu wody do ujęcia znajduje się kilkadziesiąt ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych. Zagrożeniem dla jakości wód są tu także silnie zmineralizowane wody w warstwach wodonośnych retu. W odległości około 3,5 km na południowy wschód od studni znajduje się eksploatowane wyrobisko kopalni wapieni odwadnianie do poziomu 188,5 m n.p.m., mające istotny wpływ na kształtowanie się warunków hydrodynamicznych w tym rejonie. W odległości około 2,5 km na południe znajdują się ponory krasowe, w których wnikają do górotworu wody ogólnospławne z rejonu miasta Strzelce Opolskie i okolicznych wsi. W odległości około 2 km na południe i południowy wschód zlokalizowane są pierwsze obiekty zabudowy Strzelce Opolskich, w tym również liczne zakłady remontowe, produkcyjne, usługowe, magazyny i hurtownie. W części południowej od ujęcia w odległości około 1–1,5 km biegnie linia kolejowa Gliwice–Strzelce Opolskie–Opole. Ponadto w części południowo-zachodniej w odległości około 3 km zlokalizowane jest komunalne składowisko odpadów oraz zabudowania wsi Szymiszów, a w odległości około 1,5 km byłe wyrobisko wapieni, do którego odprowadzana jest woda

z Roźniatowskiego Potoku. W bliskim sąsiedztwie ujęcia leżą stawy filtracyjne, do których odprowadzane są oczyszczone ścieki komunalne Strzelec Opolskich w ilości około 4000 m³/d. Także wody opadowe z powierzchni miasta odprowadzane są do systemu szczelin i pustek krasowych (Kryza i in., 2007a). Wszystkie wymienione tutaj obiekty stanowią istotne zagrożenie głównie dla wód wapienia muszlowego ujmowanego studniami 2a i 3a, który pozbawiony jest izolacji nieprzepuszczalnych warstw, co umożliwia wodom i opadom bezpośrednią infiltrację do warstwy wodonośnej. Intensywna działalność gospodarczo-przemysłowa narusza w sposób istotny naturalne pole hydrodynamiczne zbiorników triasowych i zmienia jakość tych wód. Znajdujący się na głębokościach poniżej 170 m poziom pstręgo piaskowca ujmowany studniami 4a i 5a nie jest pod wpływem bezpośredniego oddziaływania zanieczyszczeń z powierzchni. Wody te w sposób naturalny chronione są od powierzchni terenu ponad 150-metrowej miąższości nadkładem, a artezyjski charakter zwierciadła stwarza barierę dla migracji zanieczyszczeń do tych warstw wodonośnych. Istotnym zagrożeniem dla ujęcia w Nowej Wsi Strzeleckiej jest również możliwość dopływu zmineralizowanych wód z warstwy wodonośnej retu, występującej pod silnym naporem, w której obserwujemy znacznie podwyższone koncentracje siarczanów i magnezu.

Natomiast wykonane po 30-dniowym zespołowym pompowaniu analizy wykazały zmiany jakości wody w otworze 4a. W wodzie wyraźnie wzrosły stężenia siarczanów (434,7 mg/l) i magnezu (65,64 mg/l) oraz żelaza (0,58 mg/l) i manganu (0,2 mg/l). Wzrosła także twardość wody. Wszystkie ww. wskaźniki przekraczały obowiązujące normy dla wód pitnych. Natomiast woda z otworu 5a w dalszym ciągu wykazywała wysoką jakość, nastąpił jedynie niewielki wzrost stężenia azota-

Tabela 7.4.5. Aktualne podstawowe własności fizyczne, chemiczne i bakteriologiczne wody z ujęcia Kosice

Lp.	Parametr	Jednostka	Dopuszczalny zakres wartości	Studnia 5a		Studnia 2a 27.01.2011
				pompowanie 16.12.2002	27.01.2011	
1	Mętność	NTU	1	<1	1,38	0,11
2	Barwa	mg/l	15	1	<5	<5
3	Smak		akceptowalny	akceptowalny	akceptowalny	akceptowalny
4	Zapach		akceptowalny	akceptowalny	akceptowalny	akceptowalny
5	Przewodność	μS/cm	2500	210	1258	1032
6	Odczyn	pH	6,5–9,5	7,7	7,66	7,32
7	Twardość ogólna	mg/l CaCO ₃		194	740	564
8	Żelazo	mg/l	0,200	0,03	0,180	<0,060
9	Mangan	mg/l	0,050	0,23	0,009	<0,004
10	Siarczany	mg/l	250	17	511	226
11	Amonowy jon	mg/l	0,50	nw	<0,05	<0,05
12	Azotyny	mg/l	0,50	nw	<0,03	<0,03
13	Azotany	mg/l	50	0,61	<4,50	43,2
14	Bakterie grupy coli	liczba mikroorg. w 100 ml	0	–	0	0

nów (4,87 mg/l) i manganu (0,2 mg/l). Mangan wykracza poza obowiązujące normy dla wód pitnych. Za to znacznie zmalało stężenie jonów żelaza (0,09 mg/l). Aktualną jakość wody studni nr 5a podano w tabeli 7.4.5. Niekorzystne zmiany jakości wody w otworze 4a wywołane zostały dopływem wód z retu na skutek znacznych wydatków i depresji podczas pompowania pomiarowego. Nie bez znaczenia są tutaj usterki techniczne otworu. Stworzenie depresji większej od 13 m powoduje dopływ wód o wysokich stężeniach siarczanów. Obniżenie wydajności studni do 35 m³/h ustabilizuje zawartość siarczanów poniżej 250 mg/l.

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia

Eksploatowane od blisko 40 lat studnie są przykładem silnie zagrożonego ujęcia zarówno w zakresie jego zasobów, jak i jakości wody. W czasie eksploatacji ujęcia obejmującej także okres po jego rozbudowie o głębsze studnie nie podejmowano prób bardziej zaawansowanych badań zasobowych oraz zalegalizowania terenu ochrony pośredniej. Niewiele też osiągnięto w sprawie likwidacji źródeł zanieczyszczenia dopływającej do nich wody. Zgromadzone dane pozwalają na ocenę procesu dokumentowania zasobów oraz kształtowania jakości wody. Pobór wody w ujęciu zmieniał się w zależności od stopnia wykorzystania innych źródeł wody dla miasta, a ostatnio również od zmian jakości pozyskiwanej wody. Okresowo część studni była wyłączana z eksploatacji, szczególnie w ostatnim czasie. Do roku 2000 nie przywiązywano dostatecznej wagi do problemu jakości wody.

Wydajność ujęcia zmieniała się od 3000 m³/d w latach 70. do 5000 m³/d w roku 2008. Wraz ze zmianą wydajności bardzo niestabilny charakter miała także depresja w studniach. Brak jest w pełni wiarygodnych danych o wpływie budowy lub zaniechania eksploatacji innych pobliskich ujęć na reżim poboru wody ujęcia Kosice. Szczególnie chodzi tu o wpływ stale rozwijającego się leja depresji w wyrobisku cementowni, z którego okresowo wypompowywano blisko 10-krotnie więcej wody niż pobierano jej na ujęciu. W dopływie wody do ujęcia i wyrobiska widoczna jest zmienność sezonowa i reakcja na nawalne opady. Jakość wody surowej w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów eksploatacyjnych ulegała zmianom w czasie pod wpływem zmieniających się warunków ich poboru.

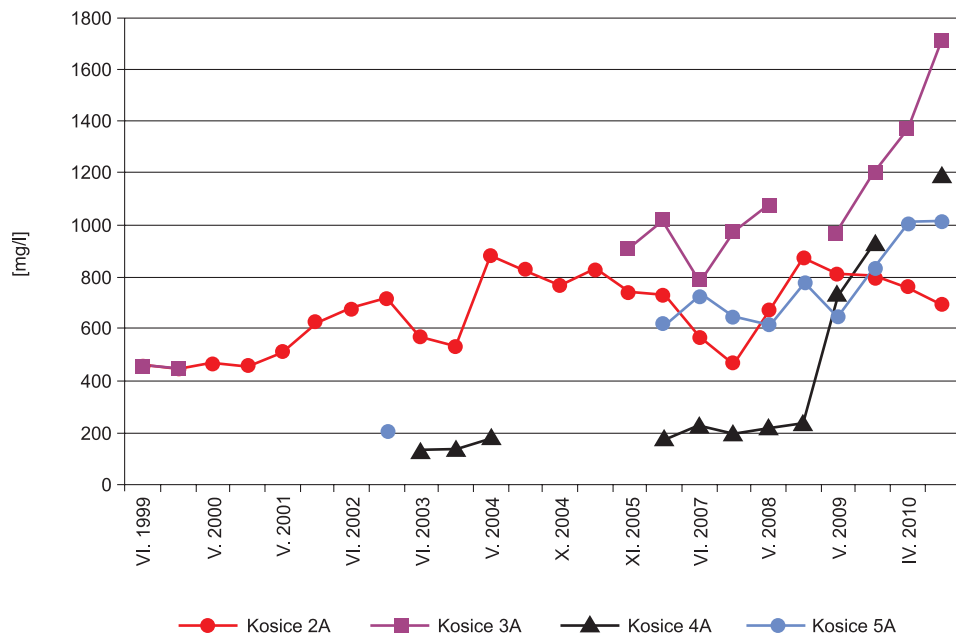
Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Opisane powyżej problemy z eksploatacją wszystkich 5 studni ujęcia oraz powstające rozbieżności między wcześniejszymi prognozami zasobowymi z rzeczywistymi warunkami hydrodynamicznymi i hydrochemicznymi w rejonie ujęcia Kosice wynikają ze zbyt uproszczonej metodologii zastosowanej dla obliczenia jego zasobów eksploatacyjnych oraz braku możliwości przewidzenia zbyt intensywnego procesu uruchomienia przepływów pomiędzy ujętymi rozdzielającymi je poziomami wodonośnymi. Nie można też wykluczyć nieskutecznego odizolowania wód w kilkuwarstwowym kompleksie wodonośnym w trakcie cementowania kolumn rur eksploatacyjnych nowych studni. Pewną rolę odegrać mogła lokalizacja nowych studni w bardzo niewielkiej odległości od istniejących studni pierwszego poziomu

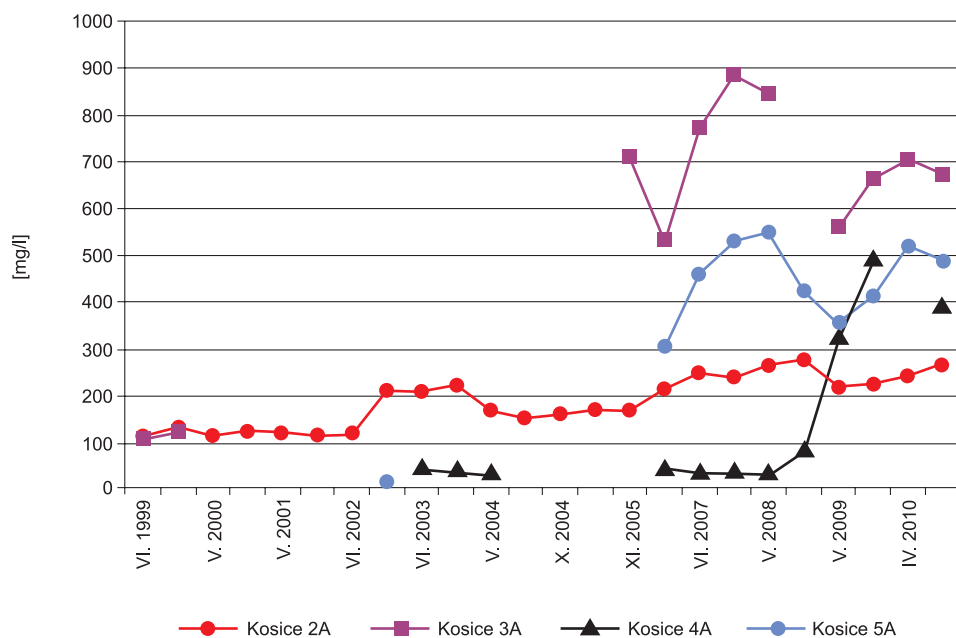
wodonośnego. Odległości te nie przekroczyły 20 m. Możliwe, że podczas wiercenia otworów nr 4a i 5a udrożniono przestrzeń wokół nowych studni przy stosowaniu płuczek i intensywnym wtłaczaniu wody do otworów. Podczas wierceń nie uzyskiwano, oprócz rozartej zawiesiny zwiercin, przewiercanych skał, a w trakcie pompowań oczyszczających materiał ten przez dziesiątki godzin wydobywany był z pompowanych studni. W latach 1970–1973 ustalono zasoby eksploatacyjne wyłącznie na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych studni nr 2a, 3a i 1a. Nie wykonano pompowania zespołowego. W trakcie eksploatacji w latach 1973–2002 nie osiągnięto nigdy poziomu zatwierdzonych zasobów, a dość szybko jakość wód za sprawą zanieczyszczenia studni 2a i 3a azotanami oraz częstego pojawiania się skażenia bakteriologicznego w rejonie studni nr 1a przyczyniła się do spadku zainteresowania wysokim poborem wody z tego ujęcia.

Po likwidacji zakładu „Agromet” Wodociągi Strzeleckie nie zagospodarowały studni 1a i od kilkunastu lat jest ona nieczynna. Rozpoczęto realizację koncepcji rozbudowy ujęcia o nowe studnie. Wybrano wariant wykonania 2 nowych studni, nr 4a i 5a, nie na nowych obszarach leśnych na zachód od studni nr 1a, 2a i 3a, ale w wersji zagospodarowania poziomu wodonośnego dolnego triasu. W kilku bliskich rejonach wokół Strzelec Opolskich studnie takie dostarczały już wtedy wody pitne wysokiej jakości. W latach 2002–2003 ustalono zasoby eksploatacyjne także wyłącznie na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych studni nr 4a i 5a. Podczas tych pompowań czynne były na zmianę studnie nr 2a i 3a dla zapewnienia dostawy wody do miasta. Mimo utrudnień podczas próbnych pompowań nie zauważono oddziaływania poboru wody w studniach 4a i 5a na zwierciadło wody w studniach górnego poziomu, a szczególnie nieczynnej studni nr 1a.

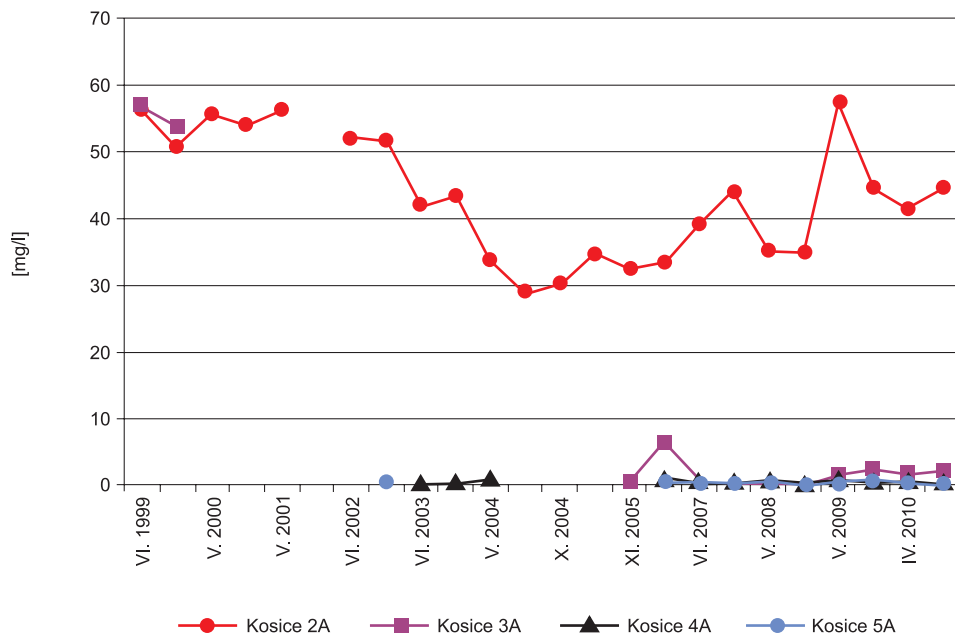
Już w trakcie pompowań w 2003 r. zwrócono uwagę na zmianę suchej pozostałości, a zwłaszcza koncentracji siarczanów w studniach nr 4a i 5a. W górnym poziomie wodonośnym wartość TDS zaczęła podnosić się od poziomu niewiele ponad 400 mg/l w 2000 r. do > 800 mg/l w 2004 r., przyjmując zmienne wartości w latach 2005–2010 (rys. 7.4.6). W dolnym poziomie wodonośnym, w studni 4a, jeszcze do końca 2008 r. TDS utrzymała się na poziomie 200 mg/l, aby w 2010 r. osiągnąć aż 1200 mg/l. W studni nr 5a już w 2005 r. TDS przekroczyła poziom 1000 mg/l i stopniowo doszła do 1700 mg/l. Jony siarczanowe w 1999 r. występowały w koncentracjach około 100 mg/l. W studni nr 2a podniosły się jednostajnie do wartości blisko 300 mg/l, ale w drugiej studni tego poziomu (3a) już pod koniec 2005 r. przekroczyły wartość 500 mg/l i tak do opróbowań w 2010 r. W dolnym poziomie, w studni nr 4a, wzrost zaczął się później, dopiero w połowie 2008 r. Dużo wcześniej i do wyższych wartości (>500 mg/l) podnosi się koncentracja siarczanów w studni 5a (rys. 7.4.7). Jony azotanów w dolnym poziomie wodonośnym pozostały przy niskich wartościach przez cały okres obserwacji. W studni 2a ich stężenia są znaczne i po niewielkiej obniżce w latach 2004–2008 nastąpił ponowny wzrost do ponad 50 mg/l. Natomiast bardzo ciekawie zmienia się koncentracja azotanów w studni 3a. Od wartości >50 mg/l w roku 1999 ich zawartość w wodzie spada do poziomu kilku mg/l (rys. 7.4.8). Tak istotne zmiany zawartości siarczanów w studniach 3a i 4a zdyskwalifikowały ich wody jako wody pitne. Nawet wykluczając proces mieszania wód dla poprawy ich jakości. Studnie nr 3a i 4a zostały



Rys. 7.4.6. Zmiany wartości suchej pozostałości w studniach ujęcia Kosice



Rys. 7.4.7. Zmiany koncentracji siarczanów w studniach ujęcia Kosice



Rys. 7.4.8. Zmiany koncentracji azotanów w studniach ujęcia Kosice

uznane za awaryjne. Ujęcie pobiera stale wodę ze studni nr 2a i okresowo korzysta także z zasobów studni 5a. Zachodzące zmiany warunków hydrochemicznych w rejonie ujęcia są większe niż to prognozowano w dokumentacji. Po przygotowaniu kilku studni zastępczych na innych ujęciach należy eksperymentalnie ustalić indywidualny pobór i zasoby każdej studni, które ograniczą niekorzystną zawartość siarczanów w wodach ujęcia. W tym czasie trzeba też ostatecznie określić warunki ochrony ujęcia poprzez stabilizację poziomu odwodnienia wyrobiska byłej cementowni. Rezygnacja z tych działań spowoduje konieczność stałego wyłączenia ujęcia i budowy nowych studni.

Zasoby eksploatacyjne i pobór wody z obecnie istniejących i czynnych studni ujęcia Kosice są uzależnione od wykonanej prognozy zasobowej w pompowaniach indywidualnych. Bieżąca eksploatacja jest zdeterminowana obecną jakością wody pobieranej z poszczególnych studni. Studnie płytkie były zanieczyszczone azotanami, a w studniach głębokich od kilku lat ustabilizowała się wysoka zawartość siarczanów. Aby uzyskać w wodzie surowej dostarczanej przez ujęcie parametry zgodne z normami stawianymi wodom pitnym, wyłączono okresowo studnie nr 3a i 4a, a ze studni nr 5a pobiera się takie ilości wody, które po zmieszaniu w jednym rurociągu dają użytkownikom wodę przydatną do picia. W najbliższym czasie miasto powinno zapewnić wodę dla odbiorców z innych projektowanych lub odrestaurowanych studni, a zasoby ujęcia Kosice zatwierdzić po uzupełniających pompowaniach w wysokości umożliwiającej ich stabilną jakość.

Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalono bez dostatecznie długo i systematycznie prowadzonych pompowań i badań. Stare studnie ujmujące utwory wapienia musz-

Tabela 7.4.6. Zmiany jakości wody w studniach ujęcia Kosice w latach 1970–2011 [mg/l]

Okres opróbowania Wskaźnik	Studnia nr 2a Kosice	Studnia nr 3a Kosice	Studnia nr 4a Kosice	Studnia nr 5a Kosice	Studnia nr 1a Kosice	Studnia nr s1 Rozmierka
1970–1973						
TDS	574	502	–	–	610	424
Azotany	17,2	25,8	–	–	–	21,5
Siarczany	189	140	–	–	2,9	60
1999–2000						
TDS	466–457	459–450	–	–		407–378
Azotany	56–54	56,8–53,7	–	–		38,5–41,4
Siarczany	114–125	109–122	–	–		111–108
2002–2003						
TDS	720–535	–	181	214		630–440
Azotany	52,1–43,5	–	8,28	0,61		39,6–41,2
Siarczany	117–223	–	38,7	17		99–98
2006–2007						
TDS	735–470	1020–980	185–200	620–650		445–480
Azotany	33,4–44	6,4–0,5	1,2–0,5	0,5–0,5		38,8–45,6
Siarczany	215–239	709–884	44–37	306–530		106–114
2010–2011						
TDS	762–694	1372–1708	1196	1016–1020		534–498
Azotany	41,5–44,8	1,8–2,2	0,3	0,31–0,42		43,4–38,7
Siarczany	242–266	704–674	389	489–521		111–89

lowego dostarczały wodę o ponadnormatywnej koncentracji azotanów. Rozbudowane ujęcie o studnie do poziomu pstrego piaskowca dość szybko zaczęło wykazywać, z powodu wad uszczelnień kolumn filtrowych lub niedocenionego wcześniej przeciekania przez izolujące warstwy retu, silne zmiany składu wody, a w szczególności wzrost poziomu koncentracji siarczanów. Takich zjawisk nie obserwowano dotąd na kilku innych okolicznych ujęciach, gdzie studnie ujmujące wody środkowego triasu znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie studni zafiltrowanych w osadach dolnego triasu. Dalsza eksploatacja ujęcia wymaga określenia maksymalnego poboru z każdej studni zapewniającego stabilizację składu chemicznego wody i uzyskanie takiego ich poziomu, który pozwoli po ich wymieszaniu uzyskać wodę o parametrach wody pitnej. Pompowania muszą trwać optymalnie długo, a ich rezultaty winny być podstawą do nowej oceny zasobowej.

Literatura

- Belcarz-Rolewska L., Kołaczkowski M., Koślacz R., 1988. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w utworach czwartorzędu, trzeciorzędu, kredy i triasu rejonu Kredy Opolskiej. Przed. Geol., Wrocław. Opr. archiwalne.
- Kleczkowski A.S., Różycki M., 1974. Wody podziemne w regionie opolskim. Przew. XLVI Zjazdu PTG, Warszawa.

- Kruger Int. Cons. A/S, 1999. Strategia zarządzania gospodarką wodną w Strzelcach Op. Polska. Projekt. Opracowanie archiwalne.
- Kryza H., Kościański R., Dyekjær-Hansen T., Kryza J., 2000a. Ocena jakości wód podziemnych rejonu Strzelec Opolskich. Kruger Int. Consult A/S, Aquator.
- Kryza J., Kościański R., Hvilshoj S., 2000b. Model Report. Kruger International Consult. A/S, Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza H., Kryza J., 2000. Koncepcja rozbudowy ujęć wód podziemnych w oparciu o zasoby zbiorników triasowych GZWP-333 i 335 na obszarze gminy Strzelce Op. Aquator. Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza H., Kryza J., Kleśta W., 2001. Projekt prac geologicznych na wykonanie otworów badawczo-eksploatacyjnych nr 4A i 5A dla wodociągu „Strzelce Op.” w miejscowości Kosice–Nowa Wieś Strzelecka. Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2003. Dokumentacja hydrogeologiczna eksploatacyjnych zasobów wód podziemnych z utworów triasu, permu i karbonu dla otworów badawczo-eksploatacyjnych 4a i 5a dla wodociągu Strzelce Op. w miejscowości Kosice–Nowa Wieś Strzelecka. Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2006. Prognoza kształtowania jakości zasobów wód podziemnych w rejonie Strzelec Opolskich pod wpływem zmian zagospodarowania przestrzennego, poboru wody i odwodnienia wyrobiska górniczego kopalni wapieni „Strzelce Op.”. Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2007a. Diagnoza, ocena oraz prognoza stanu wód podziemnych w obrębie miasta Strzelce Op. Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2009a. Monitoring wód podziemnych wokół kopalni Strzelce Opolskie, miejskiej oczyszczalni ścieków oraz wybranych ujęć komunalnych. Sprawozdanie za rok 2005–2009. Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2009b. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej w celu ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody w Nowej Wsi Strzeleckiej. Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Poprawski L., Kleśta W., 2007b. Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z projektowaniem odwodnienia do wydobywania wapieni ze złoża wapieni triasowych Strzelce Opolskie Aquator, Wrocław.
- Różycki M. i in., 1970. Zasoby wód podziemnych regionu opolskiego. Dok. Arch. Zakładu Hydrogeologii Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.

7.4.2. Ujęcie Łabędy dla Gliwic

Zbigniew Będkowski

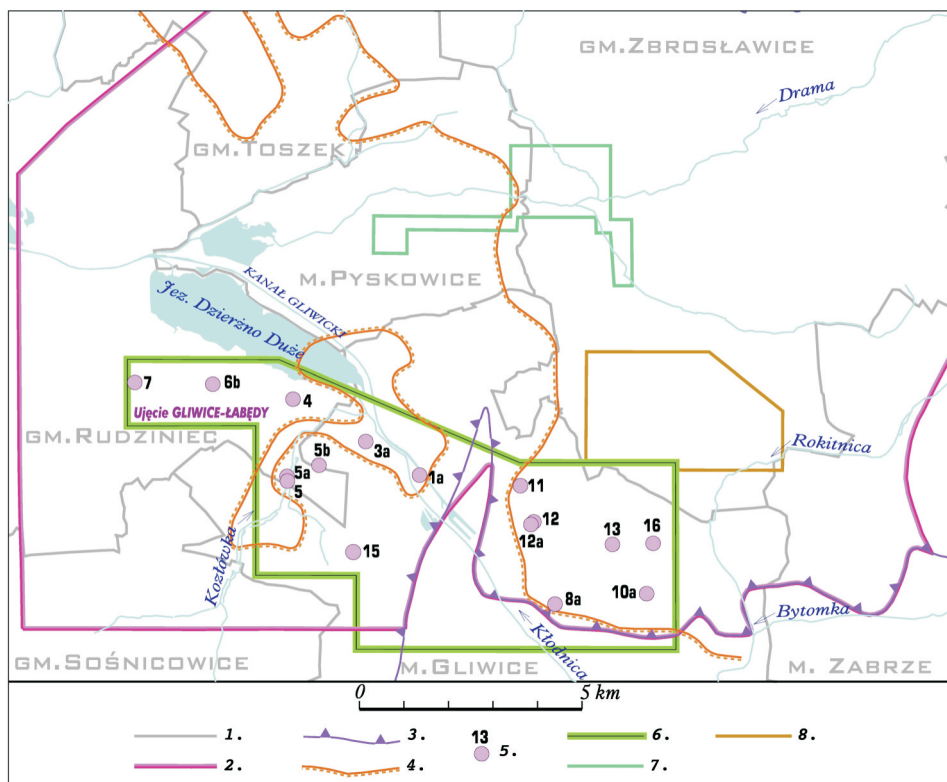
Wstęp

Studnie ujęcia komunalnego Gliwice–Łabędy zlokalizowane są w północnej części miasta Gliwice (miasto na prawach powiatu) oraz we wschodniej części gminy Rudziniec wchodzącej w skład powiatu gliwickiego, województwo śląskie (rys. 7.4.9). Właścicielem ujęcia jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach, ul. Rybnicka 47. Studnie ujmują poziom wodonośny związany z utworami węglanowymi triasu dolnego i środkowego. Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach zaopatruje w wodę mieszkańców miasta Gliwice oraz częściowo gminy Rudziniec. W 2009 r. pobór wód z ujęcia wyniósł 10 506 tys. m³

(śr. 28 784 m³/d, 1200 m³/h). Eksploatacja ujęcia Gliwice–Łabędy została rozpoczęta w 1917 r. po wykonaniu pierwszych studni o numerach 1, 2 i 3 i trwa nieprzerwanie do dziś. Zasoby eksploatacyjne ujęcia zostały ustalone w 2008 r. i wynoszą 1500 m³/h (Będkowski, Siwy-Będkowska, 2008).

Lokalizacja

Według podziału Polski na regiony fizycznogeograficzne ujęcie wód podziemnych Gliwice–Łabędy leży na styku dwu prowincji: Niż Środkowoeuropejski i Wyżyny Polskie (Kondracki, 2001). Zachodnia część ujęcia położona jest w mezoregionie Kotlina Raciborska (makroregion Nizina Śląska, podprowincja Niziny Środkowopolskie), a wschodnia w obrębie mezoregionu Wyżyna Katowicka (makroregion Wyżyna Śląska, podprowincja Wyżyna Śląsko-Krakowska). Studnie ujęcia oraz jego obszar zasobowy leżą w granicach zlewni rzeki Kłodnicy, która jest prawostronnym dopływem rzeki Odry. W sąsiedztwie ujęcia swój początek bierze Kanał Gliwicki (rys. 7.4.9).



Rys. 7.4.9. Położenie ujęcia w układzie administracyjnym, hydrograficznym i hydrostrukturalnym

Objaśnienia: 1 – granice miast i gmin, 2 – granica GZWP nr 330 Gliwice, 3 – zasięg występowania utworów wodonośnych serii węglanowej triasu, 4 – zasięg występowania utworów neogenu (mioce-nu), 5 – studnie ujęcia Gliwice–Łabędy, 6 – ujęcie Gliwice–Łabędy, 7 – ujęcie Zawada, 8 – ujęcie Szalsza

Zgodnie z podziałem hydrogeologicznym teren ujęcia i jego obszar zasobowy przynależy do prowincji Odry, regionu górnej Odry (Paczyński, Sadurski, red., 2007). Według podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych Polski (Paczyński, red., 1995) ujęcie położone jest w granicach regionu śląsko-krakowskiego (symbol – XII), w subregionie triasu śląskiego (XII₁), w rejonie gliwickim (XII_{1B}).

Ujęcie znajduje się w południowej części Głównego Zbiornika Wód Podziemnych Gliwice (nr 330) (Kleczkowski, red., 1990) obejmującego obszar występowania poziomu wodonośnego związanego z utworami węglanowymi triasu dolnego i środkowego (seria węglanowa triasu).

Problematyka badawcza

Podstawowe problemy badawcze przy opracowaniu (w 2008 r.) dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice–Łabędy wynikały z konieczności weryfikacji wielkości zasobów ustalonych w 1971 r. łącznie dla trzech dużych ujęć, biorąc pod uwagę wzajemny wpływ wieloletniej eksploatacji tych ujęć przy zmniejszającym się poborze wody. Należało: zweryfikować wielkość zasobów eksploatacyjnych opisywanego ujęcia oraz ustalić wydajności eksploatacyjne poszczególnych działających nieprzerwanie od dziesięcioleci studni, ustalić granice obszaru zasobowego w warunkach wzajemnego oddziaływania wielu ujęć wód podziemnych, wskazać studnie szczególnie podatne na wpływ infiltracji zanieczyszczonych wód powierzchniowych z rzeki Kłodnicy i jej dopływów. Główne problemy związane były z: dużym obszarem, na którym usytuowane są studnie ujęcia (odległość między skrajnymi studniami to 12 km), skomplikowaną budową geologiczną wynikającą z usytuowania ujęcia przy granicy zasięgu występowania ujmowanych utworów wodonośnych, dużą zmiennością miąższości warstwy izolującej poziom wodonośny, udokumentowaną wieloletnimi obserwacjami infiltracją wód powierzchniowych z cieków wywołaną dużym poborem wód podziemnych, dużym poborem wód podziemnych – w 2007 r. z ujęcia Gliwice–Łabędy pochodziło 55% poboru z GZWP nr 330 Gliwice.

Historia

Studnie ujęcia wód podziemnych Gliwice–Łabędy o numerach 1, 2 i 3 zostały wykonane w 1917 r. W latach 1941–1944 zbudowano kolejne studnie nr 4, 5 i 6. Dalsza rozbudowa ujęcia nastąpiła w latach 1953–1956, kiedy powstały kolejne studnie nr 7 i 8. Studnię nr 6a wykonano w 1960 r., studnię nr 9 w 1962 r., studnię nr 10 w roku 1964, a studnię nr 11 w 1967. Dalsza rozbudowa ujęcia nastąpiła w 1969 i 1970 r., odwiercono wówczas otwory studzienne nr: 12, 13 i 14. Studnia nr 15 powstała w 1972 r., a nr 5a w 1977 r. Zastępcze otwory studzienne nr: 1a, 2a, 3a, 8a, 12a odwiercono w latach 1982–1985. W końcu 2004 r. wykonano studnię zastępczą nr 6b, a na przełomie 2004 i 2005 r. studnię nr 5b. Latem 2005 r. zbudowano ostatnią studnię zastępczą nr 10a. Końcowym etapem rozbudowy ujęcia było wykonanie w 2007 r. studni nr 16.

Pierwszą próbę oszacowania zasobów wód podziemnych poziomu wodonośnego triasu śląskiego podjęto w 1960 r., opracowano wówczas „Dokumentację hydro-

geologiczną triasu śląskiego”, w której obliczono zasoby metodą bilansu wodnego (Kotlicki, 1960). Dla jednostki triasu gliwickiego o powierzchni około 180 km² zasoby dynamiczne ustalono na 40 037 m³/d.

Po raz pierwszy zasoby eksploatacyjne omawianego ujęcia określono w „Dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów triasowych obszaru Gliwice-Łabędy”, którą opracowano w 1963 r. (Płatek, 1963). Brano w niej pod uwagę współdziałanie z innymi ujęciami, a także wielkość zasilania ujętego poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu. W dokumentacji oszacowano zasoby dynamiczne rejonu triasu gliwickiego na obszarze 135 km² w ilości 70 779 m³/d. Ustalono również wydajności eksploatacyjne i depresje dla 7 czynnych wówczas studni nr: 1, 2, 3, 4, 5, 6a i 7 ujęcia Gliwice-Łabędy. Zasoby ujęcia (w kategorii B) ustalono na 1476 m³/h przy depresjach od 20,25 do 48,65 m.

W 1971 r. opracowana została „Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych poziomu triasowego w Gliwicach” (Kołaczkowski, 1971). Ustalono w niej zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice-Łabędy i obliczono zasoby dynamiczne (zasilane przez infiltrację) na obszarze leja depresji, o powierzchni 185 km², wytworzonego przez ujęcia: Gliwice-Łabędy, Szalsza i Zawada. Dla studni od nr 1 do 11 ujęcia Gliwice-Łabędy ustalono zasoby na podstawie wyników obserwacji przebiegu eksploatacji w latach 1967–1971 (w kategorii A) w ilości 1881 m³/h przy depresjach od 12,7 do 63,1 m. Dla studni nr 12 i 13 ustalono zasoby (w kategorii B) na podstawie wyników próbných pompowań w ilości 257 m³/h przy depresjach od 16,3 do 43,9 m. Zasoby dynamiczne w granicach leja depresji trzech dużych ujęć obliczono na 58 500 m³/d. Z ujęć na tym obszarze eksploatowano wodę w ilości 119 352 m³/d. W opracowaniu uznano, że niedobór wody (60 840 m³/d) jest alimentowany przez infiltrację z rzeki Kłodnicy i jej dopływów.

Dla oceny zasobów i prognozowania zmian reżimu i możliwości eksploatacji wód podziemnych z węglanowych utworów triasu wykonano w 1985 r. badania modelowe przy opracowywaniu „Aktualizacji zasobów wodnych studni WPWiK w Gliwicach wraz z oceną perspektywy eksploatacji do roku 2000, oraz wskazania możliwości ujęcia wód z utworów czwartorzędowych” (Rózkowski, 1985). Badaniami objęto wtedy obszar o powierzchni 438,75 km², którego granice w przybliżeniu pokrywały się z granicami GZWP nr 330 Gliwice. Już wówczas uznano, że poziom wodonośny serii węglanowej triasu jest przeeksploatowany.

„Dokumentacja hydrogeologiczna dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych regionu triasu gliwickiego (GZWP Gliwice nr 330)” została opracowana w 1997 r. (Dziuk i in., 1997). Przedstawiona została w niej interpretacja warunków hydrogeologicznych w obrębie utworów wodonośnych triasu, trzeciorzędu i czwartorzędu, aktualny stan hydrodynamiczny oparty na pomiarach zwierciadła wód podziemnych i analizie poborów z ujęć oraz badaniach modelowych. W dokumentacji ustalono zasoby dyspozycyjne wód podziemnych z utworów triasu (wapień muszlowy i ret) rejonu triasu gliwickiego (o powierzchni 392 km²) w ilości 107 700 m³/d przy rzędnej dynamicznego zwierciadła wody 153–286 m n.p.m. W powyższej dokumentacji przyjęto, że wielkość zasobów dyspozycyjnych równa jest wielkości zasobów eksploatacyjnych, dla których podstawą były pobory wody z 1995 r. Dla ujęcia Gliwice-Łabędy przypadła wielkość zasobów w ilości

42 000 m³/d (1750 m³/h), co odpowiadało potrzebom Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach.

Na zlecenie Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Gliwicach w 2004 r. została opracowana „Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w zlewni rzeki Kłodnicy” (Zaleska i in., 2004). Zlewnia Kłodnicy obejmuje między innymi centralną i południową część GZWP nr 330 Gliwice, położone są w jej granicach również studnie ujęcia Gliwice-Łabędy. W opracowaniu przedstawiono warunki hydrogeologiczne i oszacowano zasoby dyspozycyjne wód podziemnych, na podstawie badań modelowych, w piętrach wodonośnych: czwartorzędu, neogenu (trzeciorzędu), triasu i karbonu. Zasoby dyspozycyjne piętra triasowego (wapień muszlowy + ret) w granicach zlewni Kłodnicy według stanu na 30 listopada 2004 r. wynoszą 60 700 m³/d (2530 m³/h).

W 2005 r. opracowana została „Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne dla ustalenia obszaru ochronnego zbiornika wód podziemnych Gliwice GZWP nr 330” (Włostowski i in., 2005). Celem pracy było szczegółowe udokumentowanie warunków hydrogeologicznych i sozologicznych obszaru GZWP nr 330 Gliwice w celu rozpoznania zagrożeń i warunków ochrony wód podziemnych poziomu zbiornikowego (poziom wodonośny serii węglanowej triasu). W opracowaniu zwrócono przede wszystkim uwagę na maksymalnie dokładne rozpoznanie i udokumentowanie trzech głównych elementów: naturalnej podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia, jakości wód podziemnych oraz stopnia zagrożenia stwarzanego przez różne ogniska zanieczyszczeń i sposób zagospodarowania terenu. W oparciu o przeprowadzone badania wyznaczono obszar ochronny GZWP nr 330 i ustalono zasady i metody ochrony wód podziemnych.

Warunki hydrogeologiczne

Obszar, na którym zlokalizowane są studnie ujęcia wód podziemnych Gliwice-Łabędy, leży w zachodniej części zapadliska górnośląskiego. Na zrównanej erozyjnie powierzchni osadów karbonu (paleozoik) zalegają tutaj osady mezozoiczne – skały triasu oraz osady kenozoiczne – utwory neogenu i czwartorzędu.

Budowa geologiczna w rejonie ujęcia Gliwice-Łabędy jest bardzo skomplikowana. Na skonsolidowanych osadach karbonu leżą utwory triasu. Obszary położone na północny zachód od studni ujęcia zostały tektonicznie obniżone, natomiast teren na południowy wschód został wyniesiony. W czasie trwania jury, kredy i paleogenu skały karbonu i triasu podlegały wietrzeniu. Lokalnie utwory triasu zostały całkowicie usunięte. W neogenie na skałach karbonu i triasu osadziły się utwory miocenu. Wypełniły one lokalne obniżenia i rowy tektoniczne. Powstały wówczas również głębokie doliny erozyjne, często o założeniu tektonicznym, przecinające całkowicie pokrywę skał triasu. Doliny te stopniowo uległy wypełnieniu do końca miocenu. Na przełomie neogenu i czwartorzędu strop utworów miocenu został zerodowany. Skały miocenu występują obecnie w centralnej i zachodniej części ujęcia Gliwice-Łabędy. Powierzchnia terenu w sąsiedztwie studni ujęcia pokryta jest przez osady czwartorzędu o bardzo zmiennej miąższości. Lokalnie w obrębie pokrywy czwartorzędowej można spotkać wychodnie skał triasu i trzeciorzędu (rys. 7.4.11).

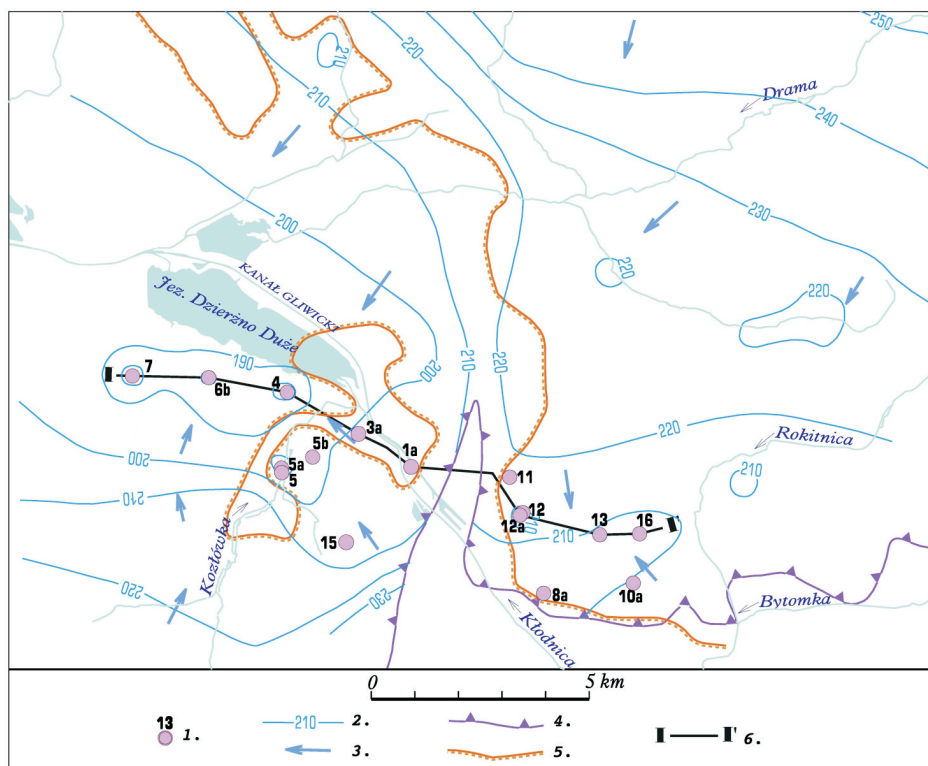
W sąsiedztwie ujęcia Gliwice–Łabędy wody podziemne występują w piętrach wodonośnych czwartorzędu, neogenu, triasu i karbonu. Główne znaczenie użytkowe ma piętro triasu związane z węglanowymi utworami triasu dolnego i środkowego, tworzącymi tzw. kompleks wodonośny serii węglanowej triasu. Poszczególne piętra wodonośne przeważnie porozdzielane są poziomami skał słabo lub praktycznie nieprzepuszczalnych. Ponieważ rejon ujęcia charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną, poszczególne piętra wodonośne zachowują więzi hydrauliczne. W obrębie stref uskokowych kontaktują się piętra wodonośne triasu i karbonu oraz prawdopodobnie neogenu i triasu. Kontakty erozyjne na skłonach głębokich dolin erozyjnych zachodzą pomiędzy piętrzem neogenu i triasu. Kopalne doliny czwartorzędowe wypełnione piaskami i żwirami przecinają utwory neogenu i wcinają się w stropowe partie utworów węglanowych triasu.

Studnie ujęcia Gliwice–Łabędy ujmują poziomy wodonośne wapienia muszlowego i retu związane z wapieniami, dolomitami i marglami triasu dolnego i środkowego. Poziomy te, o charakterze szczelinowo-krasowym, łączy się umownie w jeden kompleks wodonośny zwany poziomem (kompleksem) wodonośnym serii węglanowej triasu. Studnie ujmują obydwa wymienione poziomy wodonośne równocześnie. W obrębie poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu przepływ wód odbywa się głównie szczelinami i pustkami krasowymi, a tylko w niewielkim stopniu porami. Pory skalne mają podstawowe znaczenie dla retencji wód. Wapienie, dolomity i podrzędnie margle w różnym stopniu podatne są na spękania, co wiąże się ze zróżnicowaniem przepuszczalności w profilu pionowym. Natomiast na przepuszczalność w poziomie bardzo duży wpływ ma rozprzestrzenienie zjawisk tektonicznych.

Współczynniki filtracji poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu obliczone na podstawie próbnych pompowań dla studni ujęcia Gliwice–Łabędy mieszczą się w przedziale od $1,08 \cdot 10^{-6}$ m/s (studnia nr 5b) do $5,47 \cdot 10^{-5}$ m/s (studnia nr 8a). Wodoprzewodność najczęściej wynosi około $300 \text{ m}^2/\text{d}$, malejąc w kierunku zachodnim, co związane jest ze zmniejszaniem się współczynnika filtracji. Dla studni omawianego ujęcia uzyskano wydajności od 15,9 (studnia nr 5b) do $571 \text{ m}^3/\text{h}$ (studnia nr 4). Bardzo duże znaczenie dla wydajności studni ma jej lokalizacja w pobliżu stref zluźnienia tektonicznego górotworu lub okien hydrogeologicznych, gdzie wody czwartorzędowe mogą zasilać poziom wodonośny triasu.

Zasilanie poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu następuje głównie drogą infiltracji wód atmosferycznych na wychodniach węglanów i na obszarach, gdzie miąższość pokrywy utworów czwartorzędowych jest niewielka. W sąsiedztwie eksploatowanych w sposób ciągły studni poziom wodonośny zasilany jest również z cieków powierzchniowych oraz jeziora Dzierżno. Do poziomu wodonośnego triasu przesączają się ponadto wody z warstw wodonośnych czwartorzędu leżących często bezpośrednio na węglanach triasu. W obrębie głębokich rynien erozyjnych rozcinających osady triasu i wypełnionych utworami miocenu dochodzi do kontaktów wód poziomu triasowego i neogeńskiego.

W sąsiedztwie ujęcia Gliwice–Łabędy wody podziemne poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu spływają generalnie do doliny rzeki Kłodnicy. Lokalne kierunki spływu wód determinowane są przez eksploatowane studnie, które obniżają



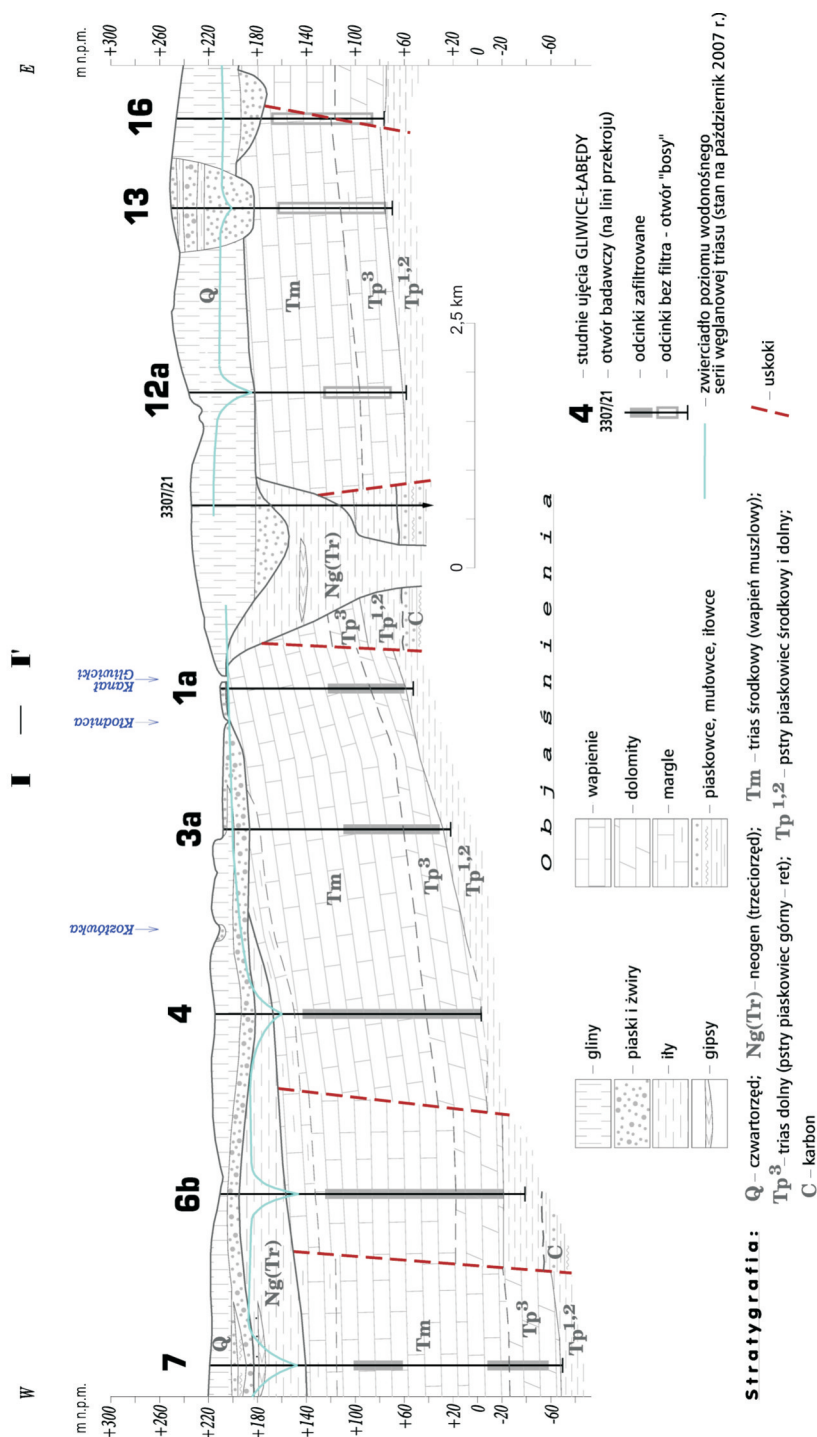
Rys. 7.4.10. Mapa stanu hydrodynamicznego w rejonie ujęcia – październik 2007 r. (Będkowski, Siwy-Będkowska, 2008)

Objaśnienia: 1 – studnie ujęcia Gliwice-Łabędy, 2 – hydroizohipsy poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu, 3 – kierunki spływu wód podziemnych, 4 – zasięg występowania utworów wodonośnych serii węglanowej triasu, 5 – zasięg występowania utworów neogenu (miocenu), 6 – przekrój hydrogeologiczny

zwierciadło wód wokół siebie. Położenie zwierciadła wody i kierunki spływu przedstawiono na mapie, na której hydroizohipsy wykreślono w oparciu o pomiary głębokości do zwierciadła wody w studniach wykonane w październiku 2007 r. (rys. 7.4.10). Naturalne warunki hydrogeologiczne w obrębie poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu zostały bardzo mocno zaburzone i zmienione pod wpływem trwającej od ponad 100 lat intensywnej eksploatacji wód podziemnych przez liczne wielootworowe ujęcia. Obniżeniu zwierciadła wód poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu towarzyszyło intensywne przesączanie się wód z poziomów wodonośnych czwartorzędu i zanieczyszczonych wód powierzchniowych z rzeki Kłodnicy i jej dopływów. Do dziś obserwuje się zaniki ciągłości przepływu w potoku Kozłówka na wysokości studni nr 4 omawianego ujęcia.

Opis ujęcia

Ujęcie Gliwice-Łabędy składa się obecnie z 16 studni ujmujących poziom wodonośny serii węglanowej triasu. Studnie nr: 1a, 3a, 5b, 8a, 10a, 11, 12, 12a, 13, 15 i 16



Rys. 7.4.11. Przekrój hydrogeologiczny

zlokalizowane są w północnej części miasta Gliwice, natomiast studnie nr: 4, 5, 5a, 6b i 7 zostały wykonane we wschodniej części gminy Rudziniec (rys. 7.4.9). Woda pochodząca ze studni ujęcia podawana jest do sieci wodociągowej miasta Gliwice i kilku wsi zlokalizowanych we wschodniej części gminy Rudziniec. Woda ze studni nr: 1a, 3a, 4, 5, 5a i 5b przed wtłoczeniem do sieci wodociągowej poddawana jest procesom uzdatniania w Stacji Uzdatniania Wody Łabędy, która zlokalizowana jest w północnej części miasta. W sąsiedztwie studni nr: 6b, 7, 10a i 15 zlokalizowane

Tabela 7.4.7. Parametry geologiczno-techniczne studni ujęcia wód podziemnych Gliwice-Łabędy z okresu pierwszych próbnych pompowań indywidualnych

Nr studni	Głębokość studni pierwotna obecna [m]	Stratygrafia ujętego poziomu wodośnego	Głębokość filtra		Próbne pompowanie		
			od [m]	do [m]	wydajność $Q_{\max}$ [m ³ /h]	depresja S [m]	wydatek jednostkowy q [m ³ /h/m]
1a	<u>158,0</u> b.d.	trias dolny i środkowy	88,2	150,8	109,3	54,5	2,0
3a	<u>186,0</u> b.d.	trias dolny i środkowy	98,4	177,1	206,0	4,8	42,9
4	<u>217,8</u> 88,16	trias dolny i środkowy	71,5	217,0	571,0	34,9	16,4
5	<u>206,0</u> 90,0	trias dolny i środkowy	53,8	202,2	323,0	35,7	9,0
5a	<u>220,0</u> 130,0	trias dolny i środkowy	57,3	206,7	363,0	13,5	26,9
5b	<u>211,5</u> 211,5	trias dolny i środkowy	107,5	200,7	15,9	38,0	0,4
6b	<u>249,5</u> 249,5	trias dolny i środkowy	86,0	232,0	34,3	40,6	0,8
7	<u>288,8</u> 141,9	trias dolny i środkowy	117,9	277,24	135,0	30,5	4,4
8a	<u>76,0</u> b.d.	trias dolny	44,6	72,0	114,8	9,7	11,8
10a	<u>110,0</u> 110,09	trias dolny i środkowy	68,0	98,0	31,0	29,3	1,1
11	<u>170,0</u> b.d.	trias dolny i środkowy	94,0	164,0	140,0	11,0	12,7
12	<u>165,0</u> b.d.	trias dolny i środkowy	111,1	165,0	96,5	43,9	2,2
12a	<u>178,0</u> b.d.	trias dolny i środkowy	91,8	170,3	113,0	39,3	2,9
13	<u>181,0</u> b.d.	trias dolny i środkowy	88,0	181,0	176,7	15,9	11,1
15	<u>161,5</u> b.d.	trias dolny i środkowy	85,0	128,5	118,9	4,2	28,3
16	<u>170,0</u> 170,0	trias dolny i środkowy	77,5	160,0	102,0	29,2	3,5

są stacje uzdatniania wody obsługujące każdą z nich. Procesy uzdatniania obejmują: odżelazenie, odmanganianie i chlorowanie prewencyjne. Woda ze studni nr: 8a, 11, 12, 12a, 13 i 16 może być podawana do sieci bez uzdatniania. W 2010 r. eksploatowane były studnie nr: 4, 5, 5a, 6b, 7, 8a, 10a, 11, 12a, 13 i 16.

Sieć wodociągowa miasta Gliwice połączona jest również z ujęciami Zawada i Miedary, będącymi własnością Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów. Połączenia sieci wodociągowej miasta Gliwice z tymi ujęciami stanowią zabezpieczenie dostawy wody na wypadek awarii studni ujęcia Gliwice-Łabędy lub SUW Łabędy.

Pomiary głębokości zalegania zwierciadła wody i wydajności studni wykonywane są raz w miesiącu przez Użytkownika ujęcia. Głębokość do zwierciadła wody mierzona jest we wszystkich studniach. Dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy studni raz w kwartale wykonywane są pomiary kontrolne głębokości do zwierciadła wody i wydajności chwilowej pompy przez uprawnionego hydrogeologa. Kontrola jakości wody pobieranej ze studni i podawanej do sieci wodociągowej prowadzona jest zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. nr 61, poz. 417). Badania jakości wód wykonywane są przez Laboratorium Badania Wody i Ścieków Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach.

Metodyka

Do 2008 r. ujęcie Gliwice-Łabędy pracowało w ramach ustalonych w 1971 r. zasobów eksploatacyjnych. Zasoby te zostały wówczas określone na podstawie wyników obserwacji przebiegu eksploatacji ujęcia w latach 1967–1971 oraz wyników próbnych pompowań dwóch nowych studni. Dla studni od nr 1 do 11 ustalono zasoby w kategorii A w oparciu o aktualny pobór wód w ilości 1881 m³/h, a dla studni nr 12 i 13 ustalono zasoby w kategorii B w ilości 257 m³/h (Kołaczkowski, 1971). Łącznie zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice-Łabędy wynosiły 2138 m³/h. Podczas dokumentowania przyjęto, że ponad połowa wody eksploatowanej przez ujęcie: Gliwice-Łabędy, Szalsza i Zawada pochodzi wprost z infiltracji z cieków powierzchniowych. Pomiary wielkości przepływu wykonywane w późniejszych latach w ciekach wykazywały ubytki wody w rejonach ww. ujęć. Niektóre mniejsze cieki całkowicie zanikały w sąsiedztwie pracujących studni.

Mimo ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia w wysokości 2138 m³/h pobór wód podziemnych już w 1971 r. wynosił 2153 m³/h. W 1985 r. osiągnął on swoje maksimum 2617 m³/h. W trakcie tak intensywnej eksploatacji stale obserwowano obniżanie się zwierciadła wód podziemnych. Gdy głębokość istniejących wówczas studni nie pozwalała już na dalsze obniżanie pomp, aby zapewnić wysoki pobór wód podziemnych, w latach 1982–1985 wykonano 5 głębszych studni zastępczych. Zwiększanie poborów wód z poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu następowało również na sąsiednich dużych ujęciach Szalsza i Zawada.

Pierwsze badania modelowe, które objęły całość GZWP nr 330 Gliwice zostały wykonane w 1985 r. (Rózkowski, 1985). Uznano wówczas, że poziom wodonośny w utworach węglanowych triasu jest przeeksploatowany. Pierwsza próba obniżenia wielkości zasobów ujęcia Gliwice-Łabędy nastąpiła podczas opracowywania „Dokumentacji hydrogeologicznej dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych re-

jonu triasu gliwickiego (GZWP Gliwice nr 330)” (Dziuk i in., 1997). Ponieważ Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach nie było w stanie zapewnić wody dla Gliwic z innych źródeł niż ujęcie Gliwice–Łabędy, przyjęto, że pobór wody nie powinien być większy niż średni z lat 1990–1995 i wynoszący około 1750 m³/h. Ze względu na znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na wodę, głównie ze strony zakładów przemysłowych zlokalizowanych na terenie Gliwic, powyższa wielkość poboru nie została już nigdy przekroczona.

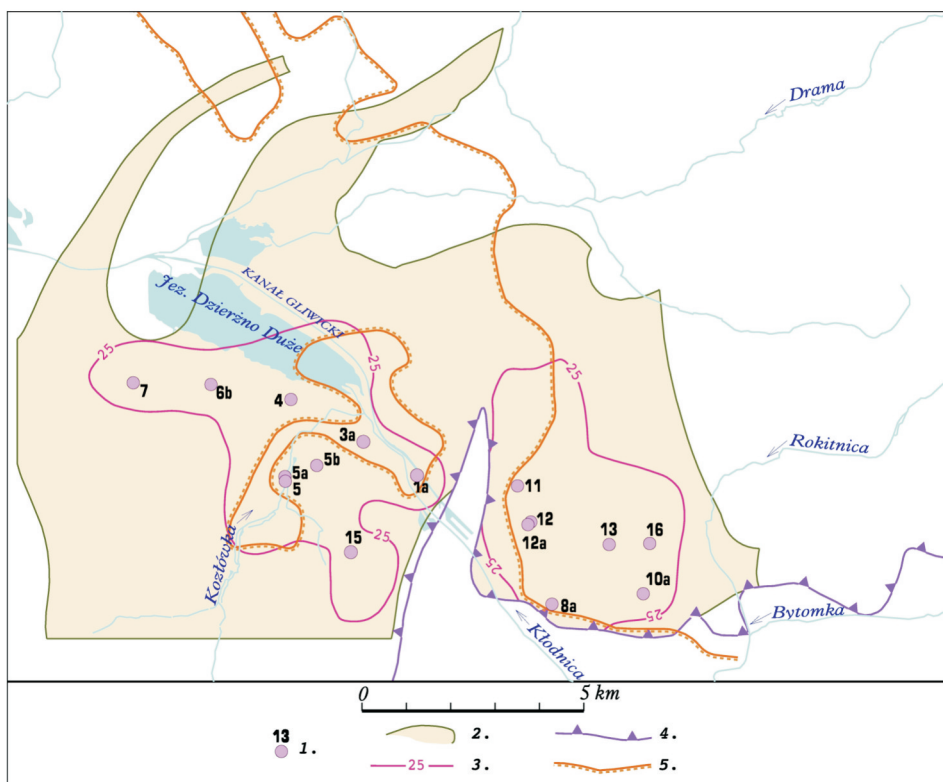
Pod koniec ubiegłego wieku zostało całkowicie wyłączone z eksploatacji ujęcie Szałsza o zasobach 764,7 m³/h, a na ujęciu Zawada (zasoby 625 m³/h) znacznie ograniczono pobór wód podziemnych (w 1995 r. wynosił on 920 m³/h, a w 2007 r. – 385 m³/h). Pobór wód podziemnych z ujęcia Gliwice–Łabędy w 2007 r. wynosił 1130 m³/h.

W 2008 r. zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice–Łabędy ustalono, biorąc pod uwagę: ustalone zasoby dyspozycyjne wód podziemnych, skomplikowane warunki hydrogeologiczne, wyniki nowych próbnych pompowań studni, pomiary wielkości przepływu wód w ciekach, jakość wód podziemnych, wyniki badań modelowych, wielkość zapotrzebowania na wodę mieszkańców miasta Gliwice oraz analizę przebiegu dotychczasowej eksploatacji ujęcia i ujęć sąsiednich. Szczególnie zajęto się weryfikacją pierwotnych (ustalonych w 1971 r.) zasobów, poddając analizie długotrwałą eksploatację ujęcia i jego wpływu na warunki wodne w południowej części GZWP nr 330 Gliwice. Dopuszczalne maksymalne wydajności eksploatacyjne poszczególnych studni ustalono na podstawie indywidualnych próbnych pompowań

Tabela 7.4.8. Wydajności eksploatacyjne studni ustalone w 2007 r.

Nr studni	Status studni	Wydajność eksploatacyjna [m ³ /h]	Depresja [m]	Rzędna dynamicznego zwierciadła wody [m n.p.m.]
1a	awaryjna	65,4	5,0	198,9
3a	awaryjna, do likwidacji			
4	eksploatacyjna	337,0	31,8	157,0
5	eksploatacyjna, do likwidacji	110,0	26,0	180,0
5a	eksploatacyjna	294,5	8,3	178,8
5b	nie przewidziana do eksploatacji	15,9	38,0	157,5
6b	eksploatacyjna	34,3	40,6	144,3
7	eksploatacyjna	35,0	12,9	150,1
8a	eksploatacyjna	168,8	3,9	203,1
10a	eksploatacyjna	31,0	29,3	180,3
11	eksploatacyjna	267,0	13,9	204,3
12	awaryjna	96,5	43,9	160,6
12a	eksploatacyjna	101,1	34,8	176,7
13	eksploatacyjna	123,4	9,3	200,1
15	nie przewidziana do eksploatacji			
16	eksploatacyjna	102,0	29,2	178,7

przy normalnej pracy innych studni ujęcia. Wielkość zasobów eksploatacyjnych, granice obszarów zasilania i zasobowego oraz składniki bilansu zasilania ustalono na podstawie analizy 4 prognoz modelowych pracy ujęcia przedstawionych na sporządzonym specjalnie w tym celu modelu matematycznym (Rynarzewski i in., 2008). Badaniami modelowymi objęto teren o powierzchni 429,2 km² obejmujący część środkową i zachodnią GZWP nr 330 Gliwice, w układzie dwóch warstw wodonośnych przedzielonych warstwą słabo przepuszczalną dla warunków ustalonych dla stanu średniego eksploatacji z 2007 r. Model matematyczny (wymiar elementarnego bloku obliczeniowego wynosi $D_x = D_y = 250$ m) zbudowano za pomocą programu SWW2 z biblioteki HYDRYLIB. Zgodnie z wynikami badań modelowych moduł zasilania poziomów czwartorzędowych na obszarze zasilania ujęcia wynosi 7,9 m³/h·km² (infiltracja opadów) i 9,1 m³/h·km² (infiltracja + zasilanie z cieków). Zasilanie poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu (infiltracja + przesączanie z warstwy I) wynosi 1258,5 m³/h, tj. 9,1 m³/h·km². Generalnie wzrost zasilania poziomu triasowego realizuje się ze wzrostu zasilania z warstwy czwartorzędu i dopływu bocznego oraz zasilania z wód powierzchniowych, natomiast na



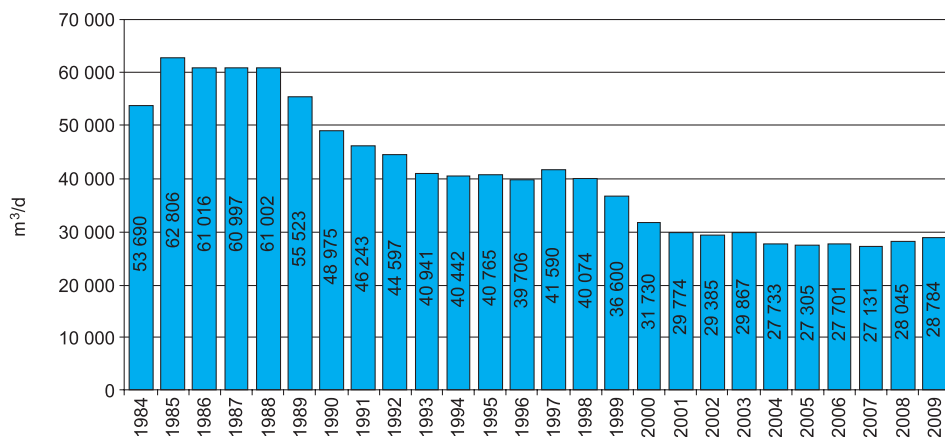
Rys. 7.4.12. Obszar zasobowy ujęcia Gliwice-Łabędy (Będkowski, Siwy-Będkowska, 2008)
 Objasnienia: 1 – studnie ujęcia Gliwice-Łabędy, 2 – obszar zasobowy ujęcia, 3 – izochrona 25-letniego dopływu wód podziemnych do studni ujęcia, 4 – zasięg występowania utworów wodonośnych serii węglanowej triasu, 5 – zasięg występowania utworów neogenu (miocenu)

obszarze modelu – z dopływów bocznych i zasilania z wód powierzchniowych. Zasilanie z cieków i jezior wynosi 117,6 m³/h.

Ustalone zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice-Łabędy znajdują potwierdzenie w wynikach obserwacji trwającej ponad 90 lat jego pracy. W wyznaczonym obszarze zasobowym (rys. 7.4.12) o powierzchni 132 km² formuje się 83% ustalonych zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Pobór wód w ilości nie większej niż 1500 m³/h nie będzie miał negatywnego wpływu na warunki hydrogeologiczne w południowej części GZWP nr 330 Gliwice oraz nie spowoduje negatywnych zmian w środowisku naturalnym.

Charakterystyka poboru

Eksploracja ujęcia Gliwice-Łabędy prowadzona jest od 1917 r. Wielkość poboru wód podziemnych systematycznie rosła wraz z rozwojem przemysłu i wzrostem liczby mieszkańców Gliwic. Średnioroczny pobór wód podziemnych ze studni ujęcia za lata 1960–1963 wynosił 35 424 m³/d. W 1971 r. ze studni ujęcia pompowano wodę w ilości 51 672 m³/d. Największy pobór wód podziemnych zanotowano w 1985 r., było to 62 806 m³/d. W 1988 r. eksploatacja wód podziemnych była nadal bardzo wysoka, pobierano wówczas 61 002 m³/d. Od 1990 r. widać już spadek ilości pobieranej wody: 48 975 (1990 r.), 46 243 (1991 r.) i 44 597 m³/d (1992 r.). W latach 1993–1998 pobór wód ustabilizował się w przedziale 39 700–40 950 m³/d. Dalszy spadek zapotrzebowania na wodę widoczny jest po 1998 r. Najmniejszy pobór wód zanotowano w 2007 r. Było to 27 131 m³/d (rys. 7.4.13). Od roku 1985 wielkość poboru wód podziemnych z ujęcia Gliwice-Łabędy zmniejszyła się ponad dwukrotnie.



Rys. 7.4.13. Wykres poboru wody z ujęcia Gliwice-Łabędy w latach 1984–2009

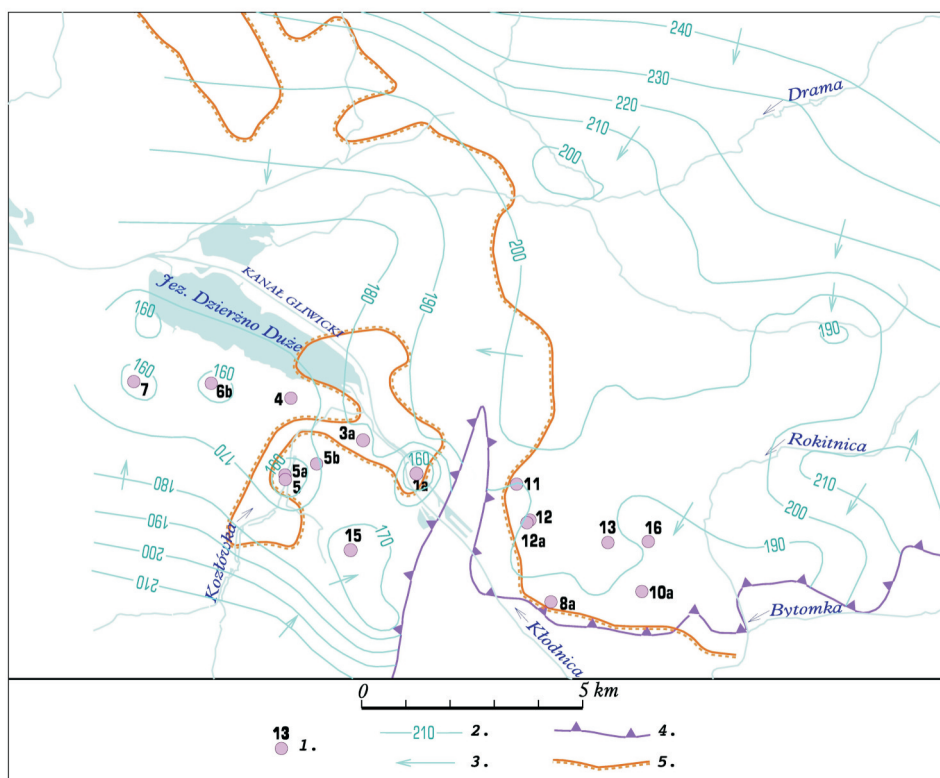
Oddziaływanie ujęcia

Studnie ujęcia Gliwice-Łabędy rozłożone są na dużym obszarze, odległość pomiędzy studniami 7 i 10a to ponad 12 km. Bezpośrednie sąsiedztwo studni oraz jego obszar zasobowy (132 km²) charakteryzuje się bardzo zróżnicowanym zagospoda-

rowaniem terenu. Środowisko naturalne jest tutaj od wielu lat intensywnie przekształcane, co ma przeważnie negatywny wpływ na wody podziemne.

W 1971 r. powierzchnię leja depresji wytworzonego przez eksploatację ujęć: Gliwice-Łabędy, Szalsza i Zawada oceniono na 185 km² (Kołaczkowski, 1971). Wielkość zasilania poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu przez infiltrację wód opadowych na obszarze leja depresji stanowiła około 50% poboru wód ze zlokalizowanych tam ujęć. Ponad połowa wody eksploatowanej przez ujęcia: Gliwice-Łabędy, Szalsza i Zawada pochodziła z infiltracji z cieków powierzchniowych.

Pobór wód podziemnych stale wzrastał do połowy lat 80. XX w. Studnie ujęcia Gliwice-Łabędy i ujęć sąsiednich pracowały w sposób ciągły ze wzrastającą wydajnością. Powodowało to regionalne obniżanie się zwierciadła wód podziemnych i rozszerzanie leja depresji. Najniższe położenia zwierciadła wód podziemnych zarejestrowano w latach 1992 i 1993 (rys. 7.4.14). W rejonie niektórych studni zwierciadło wód obniżyło się o ponad 60 m. Na obszarach, gdzie nad ujmowanym poziomem wodonośnym nie występują izolujące utwory miocenu, notowane były ubytki wód w rzekach Kłodnicy i Dramie. Mniejsze ciekły zanikały całkowicie,



Rys. 7.4.14. Mapa stanu hydrodynamicznego w rejonie ujęcia – 1992 r. (Dziuk i in., 1997)

Objaśnienia: 1 – studnie ujęcia Gliwice-Łabędy, 2 – hydroizohipsy poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu, 3 – kierunki splotu wód podziemnych, 4 – zasięg występowania utworów wodonośnych serii węglanowej triasu, 5 – zasięg występowania utworów neogenu (miocenu)

przepływy obserwowane były jedynie krótko po wiosennych roztopach. Pomiary wielkości przepływu w ciekach płynących w rejonie studni ujęcia Gliwice-Łabędy nie były prowadzone systematyczne, jedynie w latach: 1993–1995, 2004, 2005, 2007–2008 w trakcie badań dla opracowywania dokumentacji hydrogeologicznych. Podczas wszystkich tych pomiarów notowano ubytki wody z cieków. Jesienią 2007 r. potok Kozłówka zanikał całkowicie w sąsiedztwie studni nr 4 ujęcia Gliwice-Łabędy, a suma ubytków wody z cieku stwierdzona w dniu pomiarów wynosiła 58,6 m³/h.

Wraz ze zmniejszeniem się zapotrzebowania na wodę przez miasta aglomeracji górnośląskiej z początkiem lat 90. XX w. zmniejszono pobór wód z ujęć Gliwice-Łabędy i Zawada, a ujęcie Szałsza zostało całkowicie wyłączone i przeznaczone do likwidacji. Spadek poboru wody przez trzy największe ujęcia w rejonie zaowocował całkowitym wypełnieniem rozległego leja depresyjnego. W studniach ujęcia Zawada stale obserwowane są samowypływy, a zwierciadło wód w nieczynnych studniach ujęcia Gliwice-Łabędy zlokalizowanych w sąsiedztwie Kłodnicy stabilizuje się na poziomie wody w rzece.

Określenie zmian jakości wód

Skład chemiczny wód ujmowanych studniami ujęcia Gliwice-Łabędy charakteryzuje się bardzo dużą przestrzenną zmiennością. Związane jest to ze skomplikowaną budową geologiczną rejonu ujęcia oraz lokalizacją niektórych studni w sąsiedztwie zanieczyszczonej rzeki Kłodnicy.

Intensywny pobór wód podziemnych w rejonie omawianego ujęcia w drugiej połowie XX w. doprowadził do powstania rozległego i głębokiego regionalnego leja depresji. W obrębie leja doszło do obniżenia zwierciadła wód poniżej stropu skał węglanowych triasu. Zapoczątkowało to między innymi procesy utleniania się siarczków występujących w dolomitach triasu środkowego. Centrum leja depresji zlokalizowane było pod dnem doliny Kłodnicy, która prowadzi wody zanieczyszczone ściekami komunalnymi, przemysłowymi i obciążone wodami dołowymi zrzuconymi przez kopalnie węgla kamiennego. Dopływ Kłodnicy – rzeka Drama – zasilany jest w rejonie Tarnowskich Gór wodami ze sztolni odwadniających dawne obszary eksploatacji rud cynku i ołowiu. Infiltrujące wody powierzchniowe doprowadziły do degradacji wód podziemnych poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu w sąsiedztwie rzeki Kłodnicy. Użytkownik ujęcia był zmuszony wyłączyć z eksploatacji studnie nr 1a, 2a (zlikwidowana) i 3a zlokalizowane na tym obszarze. Wody ujmowane studniami nr: 1a i 3a charakteryzują się wysoką przewodnością elektryczną właściwą (2320–4674 $\mu\text{S}/\text{cm}$), podwyższonymi stężeniami jonu amonowego, żelaza, chlorków i siarczanów. W rejonie ujęcia Gliwice-Łabędy dochodzi do kontaktów (tektonicznych i erozyjnych) skał węglanowych triasu z warstwami gipsów, które zalegają w obrębie ilów miocenu. Wymywanie gipsów powoduje wzrost stężenia siarczanów w wodzie ze studni nr: 7 i 15. Podstawowe parametry chemizmu wody od początku lat 60. XX w. kształtowały się następująco: sucha pozostałość 60–2942 mg/l, SO₄ 0–1249 mg SO₄/l, Cl 1,9–1122 mg Cl/l, Fe 0–6,25 mg Fe/l, Mn 0–4,0 mg Mn/l, NO₃ 0–0,36 mg N/l, NH₄ 0–3,5 mg N/l. W 2007 r. parametry te wynosiły: sucha pozostałość 365–2759 mg/l, SO₄ 22–398 mg SO₄/l, Cl 4,6–1102 mg Cl/l, Fe 0–2,62 mg Fe/l, Mn 0–0,62 mg Mn/l, NO₃ ślady – 31,01 mg N/l, NH₄ 0,02–7,95 mg N/l.

Tabela 7.4.9. Klasy jakości wód ujmowanych studniami ujęcia Gliwice-Łabędy w 2007 r.

Klasa	I	II	III	IV	V
nr studni	–	5, 6b, 8a, 10a, 11, 12a, 13, 16	3a, 4, 5a, 7	1a, 15	–

Przestrzenną zmienność jakości wód ze studni omawianego ujęcia obrazuje tabela 7.4.9, w której przedstawiono klasyfikację zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U. nr 143, poz. 896).

Zmienność chemizmu wód, jaka następuje wraz ze zmniejszeniem poboru i powolnym wypełnianiem się leja depresji, przedstawiono w tabeli 7.4.10. Określono

Tabela 7.4.10. Typy hydrochemiczne wód ujmowanych studniami ujęcia Gliwice-Łabędy według klasyfikacji Szczukariewa-Prikońskiego

Nr studni	1995 r.					2003 r.					2007 r.				
1a	47					19					11				
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	–	–	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	–	–
3a	35					47					47				
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺
4	47					47					47				
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Na ⁺
5	27					27					39				
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–
5a	27					27					42				
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	–
6b	39					39					39				
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–
7	39					39					39				
	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–
8a	18					18					18				
	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–
10a	18					18					39				
	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–
11	39					39					39				
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–
12a	18					18					18				
	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–
13	36					39					18				
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–	–
15	27					27					39				
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	–	–	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	–	–	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–
16						–					39				
											HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	–

w niej klasę chemiczną zgodnie z klasyfikacją Szczukariewa oraz typ chemiczny na podstawie metodyki Prikońskiego. Zestawiono typy wód ze studni ujęcia oraz przedstawiono zapis jonowy (najpierw aniony). Jony zapisano zgodnie z procentową zawartością, tj. od największej do najmniejszej. Taki zapis pozwala na prześledzenie jak w obrębie tego samego typu może zmieniać się procentowy udział poszczególnych jonów.

Wody naturalne, generalnie słabo zmienione antropogenicznie, występują we wschodniej części ujęcia. Są to wody typu $\text{HCO}_3^- \text{-Ca}^{2+} \text{-Mg}^{2+}$ (typ 18). Ujmowane są studniami nr: 8a, 12a i 13. W pozostałych studniach tego rejonu, tj. studniach nr: 10a, 11 i 16, w składzie jonowym pojawiają się już siarczany (typ 39, $\text{HCO}_3^- \text{-SO}_4^{2-} \text{-Ca}^{2+} \text{-Mg}^{2+}$), ale należy zaznaczyć, że są to niewielkie ilości, nieznacznie przekraczające 20% (20,4–24%). W części zachodniej ujęcia skład chemiczny wód jest już bardziej zróżnicowany i spotyka się tutaj wody nienaturalne, przeobrażone antropogenicznie, a nawet zdegradowane. Wody w tym rejonie również należą do typu $\text{HCO}_3^- \text{-SO}_4^{2-} \text{-Ca}^{2+} \text{-Mg}^{2+}$ (typ 39), przy czym zawartość siarczanów jest już większa i w niektórych przypadkach może dominować w składzie (29–55%, studnie nr: 5, 6b, 7 i 15). Zmianę typu chemicznego wód na siarczanowy należy wiązać z dopływem zanieczyszczonych wód powierzchniowych oraz wypłukiwaniem pokładów gipsów na kontaktach tektonicznych i erozyjnych poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu i utworów neogenu. Poza tym występują tutaj również wody charakteryzujące się typami wielojonowymi: $\text{HCO}_3^- \text{-SO}_4^{2-} \text{-Cl}^- \text{-Ca}^{2+}$ (typ 42), $\text{HCO}_3^- \text{-Cl}^- \text{-SO}_4^{2-} \text{-Ca}^{2+} \text{-Na}^+$ (typ 47) oraz przewagą składników nienaturalnych – $\text{Cl}^- \text{-Na}^+ \text{-Ca}^{2+}$ (typ 11). Wody te ujmowane są studniami nr: 1a, 3a, 4 i 5a.

Po procesie uzdatniania obejmującym: odżelazienie, odmanganianie i chlorowanie prewencyjne własności fizyczne, chemiczne i bakteriologiczne wody podawanej do sieci wodociągowej spełniają wymogi określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. nr 61, poz. 417).

Analiza przebiegu eksploatacji

Eksploatacja ujęcia Gliwice–Łabędy prowadzona jest bez przerwy od 90 lat. Pobór wód podziemnych stale wzrastał do połowy lat 80. XX w. Zasoby eksploatacyjne ujęcia ustalone w 1971 r., głównie w oparciu o wielkość poboru wód, wynosiły 2138 m³/h. Już wówczas oszacowano, że ponad połowa wód pobieranych ze studni ujęć: Gliwice–Łabędy, Zawada i Szalsza pochodzi z infiltracji z cieków powierzchniowych na obszarze ich wspólnego leja depresji. Bezpośrednio po ustaleniu zasobów ujęcia rzeczywista wielkość poboru wód była większa i systematycznie wzrastała do 2617 m³/h w 1985 r. Powodowało to rozszerzanie się i pogłębianie regionalnego leja depresji. Położenie zwierciadła wód podziemnych w studniach ujęcia było niższe niż określone w dokumentacji hydrogeologicznej (1971 r.). Na obszarze oddziaływania ujęć do ujmowanego poziomu wodonośnego intensywnie infiltrowały coraz bardziej zanieczyszczone wody z rzeki Kłodnicy i jej dopływów. Doprowadziło to do trwałej degradacji wód podziemnych poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu w sąsiedztwie doliny Kłodnicy. Ostatecznie użytkownik ujęcia musiał wyłączyć część studni z eksploatacji.

Ograniczenie poborów wód podziemnych nastąpiło na skutek znacznego zmniejszenia zapotrzebowania. Pobór wód z ujęć Gliwice–Łabędy, Zawada i Szalsza spadł do poziomu umożliwiającego wypełnienie rozległego i głębokiego leja depresji. Ogranicza to w dużym stopniu infiltrację zanieczyszczonych wód powierzchniowych do ujmowanego poziomu wodonośnego. Mimo to wody pochodzące ze studni nr 1a i 3a nadal charakteryzują się bardzo niską jakością.

Krytyczna ocena

Zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice–Łabędy zostały ustalone w 1971 r. głównie w oparciu o wielkość ówczesnego poboru w dopasowaniu do wzrastającego zapotrzebowania na wodę. Dla studni od nr 1 do 11 ustalono zasoby na podstawie wyników obserwacji przebiegu eksploatacji w latach 1967–1971, a dla nowych studni nr 12 i 13 na podstawie wyników próbnych pompowań. Przyjęta metodyka ustalania zasobów eksploatacyjnych nie uwzględniała rzeczywistych warunków hydrogeologicznych w rejonie ujęcia, a jedynie wielkość zgłoszonego zapotrzebowania na wodę przez użytkownika. W trakcie opracowywania dokumentacji hydrogeologicznej ustalono, że jedynie połowa ówczesnego poboru wód z dużych ujęć, zlokalizowanych w obrębie wspólnego leja depresji, formuje się w wyniku zasilania poprzez infiltrację wód opadowych. Aby pokryć istniejący pobór, podążający za wzrastającym zapotrzebowaniem, przyjęto, że ponad połowa wody eksploatowanej przez ujęcia: Gliwice–Łabędy, Szalsza i Zawada pochodzić będzie z infiltracji z cieków. Zbilansowanie zbyt wysokiego poboru wód podziemnych infiltracją wód powierzchniowych odbyło się bez krytycznej oceny wpływu intensywnej eksploatacji na środowisko naturalne i warunki hydrogeologiczne. Zbyt wysoka eksploatacja wód podziemnych doprowadziła do powstania rozległego i głębokiego leja depresji. Infiltrujące zanieczyszczone wody powierzchniowe spowodowały trwałą degradację wód poziomu wodonośnego serii węglanowej triasu. Pogarszanie się jakości wód związane z nadmierną ich eksploatacją zmusiło ostatecznie użytkownika ujęcia do wyłączenia części studni. Notowano ubytki wody w rzekach Kłodnicy i Dramie, a mniejsze cieki zanikały całkowicie.

Zmniejszenie zapotrzebowania na wodę przez miasta aglomeracji śląskiej doprowadziło do zmniejszenia poboru wód z ujęć Gliwice–Łabędy i Zawada oraz całkowitego wyłączenia ujęcia Szalsza. Obecny pobór wód z ujęcia Gliwice–Łabędy ($28\,784\text{ m}^3/\text{d}$ – 2009 r.) jest ponad dwukrotnie niższy od maksymalnego poboru ($62\,806\text{ m}^3/\text{d}$) zanotowanego w 1985 r.

Aktualnie obowiązujące zasoby eksploatacyjne ujęcia Gliwice–Łabędy ($1500\text{ m}^3/\text{h}$) ustalono, biorąc pod uwagę: zasoby dyspozycyjne wód podziemnych, skomplikowane warunki hydrogeologiczne, wyniki nowych próbnych pompowań studni, pomiary wielkości przepływu wód w ciekach, jakość wód podziemnych, wyniki badań modelowych, analizę przebiegu dotychczasowej eksploatacji ujęcia i ujęć sąsiednich, a na koniec wielkość zapotrzebowania na wodę zgłaszaną przez użytkownika. Ustalona wielkość zasobów eksploatacyjnych wynika z krytycznej oceny zbyt wysokich pierwotnych prognoz zasobowych, która potwierdzona została wynikami obserwacji długoletniej pracy ujęcia.

Literatura

- Będkowski Z., Siwy-Będkowska K., 2008. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych z utworów triasu Gliwice-Łabędy. Częstochowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne. Opracowanie archiwalne.
- Dziuk M., Kowalczyk A., Kropka J., Korona W., Siwy K., 1997. Dokumentacja hydrogeologiczna na dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych regionu triasu gliwickiego (GZWP Gliwice nr 330). Częstochowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne. Opracowanie archiwalne.
- Kołaczkowski M., 1971. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych poziomu triasowego w Gliwicach. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne we Wrocławiu. Opracowanie archiwalne.
- Kotlicki S., 1960. Dokumentacja hydrogeologiczna triasu śląskiego. Inst. Geol. Warszawa, Stacja Terenowa w Sosnowcu. Opracowanie archiwalne.
- Płatek J., 1963. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów triasowych obszaru Gliwice-Łabędy. Centralne Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego „Hydroprojekt”, Warszawa, Oddział Gliwice. Opracowanie archiwalne.
- Różkowski A., 1985. Aktualizacja zasobów wodnych studni WPWiK w Gliwicach wraz z oceną perspektywy eksploatacji do roku 2000, oraz wskazania możliwości ujęcia wód z utworów czwartorzędowych. Naczelna Organizacja Techniczna, Oddział Wojewódzki w Katowicach. Opracowanie archiwalne.
- Rynarzewski W., Straburzyńska-Janiszewska R., Pawlak A., 2008. Badania modelowe rejonu GZWP nr 330 (T. 1, 2) Gliwice dla ustalenia zasobów eksploatacyjnych oraz: obszarów spływu wody, zasilania i zasobowego ujęcia wód podziemnych z utworów triasu Gliwice-Łabędy. Hydroconsult Sp. z o.o., Biuro Studiów i Badań Hydrogeologicznych i Geofizycznych, Poznań. Opracowanie archiwalne.
- Włostowski J., Oficjalska H., Krawczyński J., Krawczyńska B., Pietrzak M., Rodzoch A., Mutter K., 2005. Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia obszaru ochronnego zbiornika wód podziemnych Gliwice GZWP nr 330. SEGI-AT, Warszawa, Biuro Poszukiwań i Ochrony Wód – HYDROEKO, Warszawa. Opracowanie archiwalne.
- Zaleska M., Bieroński J., Kempeski G., Panek D., Wojciechowicz D., Bajcar D., Wcisło M., Szyzskowska B., Szyzskowski P., 2004. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w zlewni rzeki Kłodnicy. ARCADIS Ekokonrem, Wrocław. Opracowanie archiwalne.

7.5. Ujęcia wód podziemnych w masywie sudeckim

7.5.1. Ujęcia Gorzeszów dla Wałbrzycha (kreda górna)

Józef Kryza

Wstęp

Ujęcie wód podziemnych Gorzeszów położone jest w SW Polsce w miejscowościach Gorzeszów i Jawiszów na SE od miejscowości Krzeszów niedaleko od Kamiennej Góry. Studnie położone są w gminach Kamienna Góra i Gorzeszów, w powiecie kamieniogórskim i województwie dolnośląskim. Właścicielem i użytkownikiem ujęcia jest Wałbrzyskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. Wielkość po-

boru wody w 2010 r. wynosiła 4400–8100 m³/d. Woda przeznaczona jest do celów komunalnych, a jej głównymi odbiorcami są miasta Wałbrzych oraz Kamienna Góra. Cztery studnie wiercone (2b, 3b, 4b, 7b) mają głębokość od 140 do 343 m i dostarczają wodę do Wałbrzycha, a studnia nr 6b do Kamiennej Góry. Ujęte są szczelinowo-porowe wody w piaskowcach, wapieniach, zlepieńcach i mułowcach turonu, cenomanu, autunu i pstrego piaskowca. Dokumentację hydrogeologiczną zawierającą ustalenie zasobów eksploatacyjnych ujęcia opracowano w 1983 r. (Dąbrowski, Szafrańek, 1983). Studnie eksploatowane są od marca 1984 r.

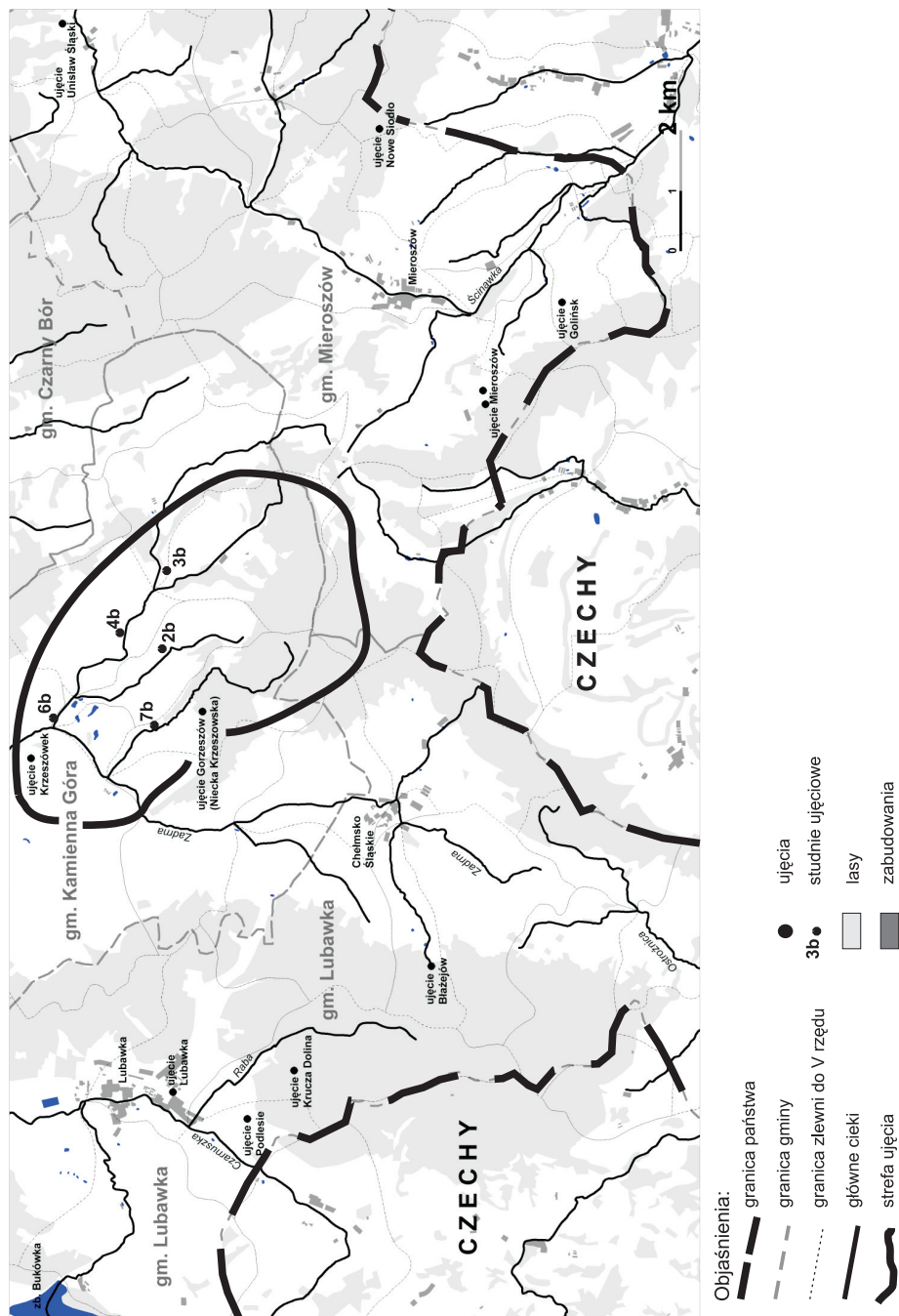
Lokalizacja i informacje podstawowe

Teren ujęcia i obszar jego zasilania znajdują się w prowincji geograficznej Niżu Środkowoeuropejskiego, podprowincji Sudetów i Przedgórza Sudeckiego, makroregionie Sudety Środkowe, w skład którego wchodzi mezoregiony: Brama Lubawska od zachodu, Góry Wałbrzyskie od północy oraz Góry Kamienne od wschodu (Kondracki, 2001). Fragmentem Gór Kamiennych jest Kotlina Krzeszowa (brachysynklina krzeszowska), główny obszar zasobowy ujęcia. Od strony południowej jest on ograniczony granicą państwową z Czechami. Studnie ujęcia Gorzeszów leżą w Kotlinie Krzeszowa, która jest południową częścią Kotliny Kamiennogórskiej (Stępień, 2004). W południowej części Kotliny Krzeszowskiej przebiega europejski dział wodny rozdzielający zlewiska Morz Północnego i Bałtyckiego. Na południe od linii działu wody powierzchniowe spływają za pośrednictwem niewielkich cieków Szklą i Ostrożnicą do Upy i Metuje na terytorium Czech, które są dopływami Łaby w zlewisku Morza Północnego. Znacznie bardziej rozbudowane jest zlewisko Morza Bałtyckiego. Wody powierzchniowe odprowadzane są tutaj przez rzekę Zadrnę, za pośrednictwem Bobru wraz z jego bezpośrednimi dopływami do Odry. Rzeka Zadrna stanowiąca oś Kotliny Krzeszowa wraz z licznymi dopływami odwadnia całą kotlinę. Jej największy prawostronny dopływ to Potok Gorzeszowski, w którego zlewni rozmieszczone są studnie ujęcia. Rzeka stanowi bazę drenażową dla płytkiego przepływu podziemnego wód spływających ze wzgórz otaczających Kotlinę Krzeszowa. Wschodnią część obszaru odwadnia Kochanówka, Grzędzki Potok oraz Łęczec, które wpadają do Lesku, a ten do Bobru.

Geologicznie teren obejmuje nieckę krzeszowską, która wraz z górką obramowaniem stanowi NW część depresji śródsudeckiej. W podziale hydrogeologicznym obszar ten należy do prowincji Odry, regionu środkowej Odry, subregionu Sudetów. Wydzielono tu porowo-szczelinowy główny zbiornik wód podziemnych w utworach kredy GZWP-342. Niecka Krzeszowa jest fragmentem jednolitej części wód podziemnych JCWPd nr 110 obejmującej mezozoik niecki śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej (Paczyński, Sadurski, red., 2007).

Przedstawienie problematyki badawczej

Głównym problemem badawczym jest ocena wiarygodności metod zastosowanych do obliczenia zasobów eksploatacyjnych i prognoz eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych Gorzeszów–Jawiszów w rejonie Krzeszowa w świetle potwierdzonego ponad 30-letnią eksploatacją oddziaływania ujęć górnokredowo-triasowego poziomu wodonośnego na warunki wodne. Ocenie poddano także stałość własności



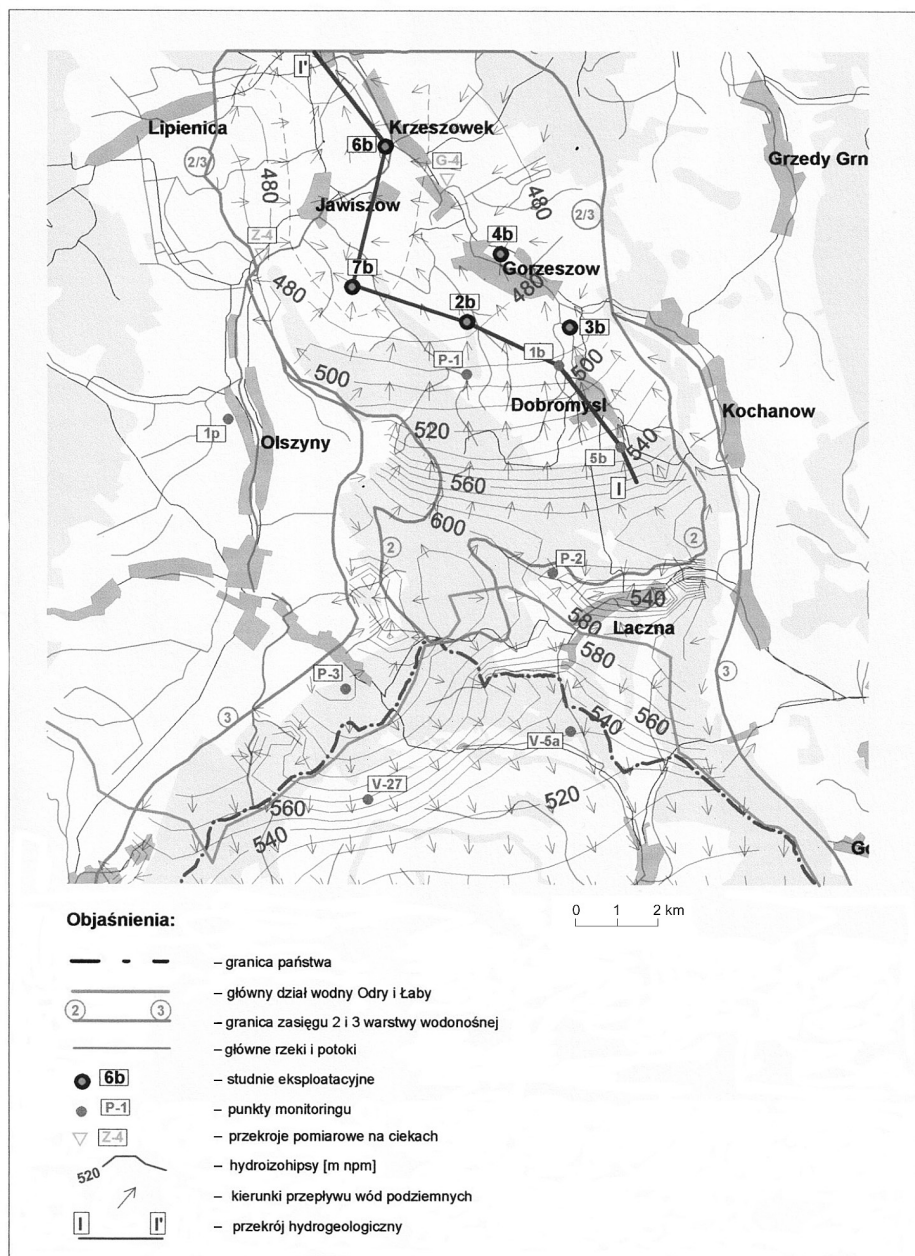
Rys. 7.5.1. Położenie ujęcia w układzie administracyjnym, hydrograficznym i hydrostrukturalnym

fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wody. Ujęcie znajduje się na obszarze o korzystnych warunkach zawodnienia, ale złożonej wielowarstwowej strukturze hydrogeologicznej w wododziałowej strefie pogranicza Polski i Czech. Ujęcie wód podziemnych Gorzeszów jest wielootworowym, kilkupoziomowym ujęciem głębokimi studniami wierconymi. Zasilanie jego zasobów eksploatacyjnych następuje z dopływów wód podziemnych z górnej części zlewni oraz infiltracji opadów do odsłoniętych skał permomezozoiku. Cieki i wody powierzchniowe w zlewni ujęcia wykazują objawy łączności hydraulicznej z eksploatowanymi wodami podziemnymi. Nieobecność rozległych izolujących pokryw osadów o niskiej przepuszczalności sprzyja infiltracji opadów. W obrębie leja depresyjnego ujęcia nie zanotowano zagrożenia dla jakości wód ze strony zmineralizowanych wód podłoża permokarbońskiego. Brak jest także uszczuplenia zasobów odnawialnych z powodu odwodniania wyrobisk kopalni węgla po obu stronach granic państwowych. Ujęcie nie współdziała z innymi ujęciami, lecz istotnym elementem w bilansach wodnych tego obszaru są transgraniczne przepływy wód podziemnych i zaniki przepływów w wododziałowych ciekach. Obserwuje się wyraźne wahania składu chemicznego wody podziemnej oraz długoterminowe trendy wzrostu niektórych składników wody. Ujęcie nie wykazuje wzmożonego oddziaływania na ekosystemy zależne od wód podziemnych, ale w pobliskim otoczeniu w ciągu trzydziestu lat poboru wody w rejonie niecki krzeszowskiej, po obu stronach granicy polsko-czeskiej, notowane są zmiany w sieci drobnych cieków. Studnie nie wykazują w trakcie ponad 30-letniego ich użytkowania zjawiska zasypywania lub kolmatacji, ale daje się odczuć, że część z nich została przystosowana do eksploatacji poprzez zabudowę otworów badawczych. Po wstępnej eksploatacji przeprowadzono weryfikację wielkości zasobów eksploatacyjnych rozbudowanego ujęcia. Podczas modelowania numerycznego obszaru filtracji permomezozoicznego zbiornika wód podziemnych tego rejonu ustalono zasięg strefy spływu wód podziemnych do studni ujęcia. Lej depresyjny tego ujęcia ma zasięg zależny od poboru wody oraz intensywności zasilania wód podziemnych opadami (Dąbrowski i in., 1983). W obecnych warunkach południowy zasięg granicy 25-letniego spływu wód podziemnych do studni nr 2b, 3b, 4b i 7b, przy poborze rzędu 8000 m³/d sięga okolicy przygranicznej. Ujęcie nie ma własnego monitoringu osłonowego, choć rolę tę bardzo dobrze pełni prowadzony od 35 lat monitoring wód podziemnych i powierzchniowych na obszarze przygranicznym Polski i Republiki Czech (Grzegorzczak, Nowacki, 1996–2000; Kryza i in., 1999). Wielokrotnie przeprowadzano ocenę i weryfikację wielkości zasobów eksploatacyjnych (Szafranek i in., 1978; Dąbrowski i in., 1983; Dąbrowski, Szafranek, 1983; Borowiec i in., 1983).

Historia badań hydrogeologicznych

W latach 1976–1981 PG Wrocław prowadziło badania, których celem było rozpoznanie warunków hydrogeologicznych na obszarze niecki krzeszowskiej w ramach poszukiwań perspektywicznych terenów pod względem możliwości budowy ujęć wód podziemnych dla poprawy zaopatrzenia w wodę aglomeracji wałbrzyskiej. Efektami badań były projekt kompleksowego zaopatrzenia w wodę dla Wałbrzycha oraz dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów górnej kredy,

triasu i permu w kategorii B wraz z projektem robót w miejscowości Gorzeszów (Szafrank i in., 1978). W okresie 1976–1981 odwierconych zostało 15 głębokich otworów (rys. 7.5.2) o przeznaczeniu eksploatacyjnym (2b, 3b, 4b, 6b, 7b, 5p)



Rys. 7.5.2. Mapa stanu hydrodynamicznego

i badawczym jako piezometry (1b, 5b, 1p, 2p, 3p, 4p, P-1, P-2 i P-3). W większości otworów wykonano badania geofizyczne (Dąbrowski, Szafranek, 1983). W studniach przeprowadzono także pompowania pomiarowe oraz zespołowe ujęcia. W roku 1979, z uwagi na znaczny deficyt w zaopatrzeniu w wodę Wałbrzycha, rozpoczęto próbną eksploatację studni i skierowano wodę prosto do miejskiej sieci wodociągowej. Początkowo uruchomiono studnie 2b, 3b, 4b (z wydajnością 335 m³/h), a od lutego 1981 r. do eksploatacji włączono też otwór 7b, osiągając sumaryczną wydajność ujęcia około 460 m³/h. W zatwierdzonej dokumentacji z 1983 r. (Dąbrowski, Szafranek, 1983) zasoby eksploatacyjne ujęcia zwiększono do 600 m³/h. W kilka lat później studnia 6b (30 m³/h) została skierowana do systemu zaopatrzenia Kamiennej Góry. We wszystkich studniach przewiercono pakiet osadów kredowych i zakończono je w piaskowcach triasu lub permskich mułowcach autunu (3b, 6b). We wszystkich otworach podczas wierceń zaobserwowano samowypływy, a powierzchnia piezometryczna kształtowała się w tym czasie nawet do dwudziestu kilku metrów powyżej powierzchni terenu. Opracowana w 1982 r. dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z otworów górnej kredy, triasu i permu w rejonie niecki krzeszowskiej obejmująca wyżej wymienione otwory (Szafranek, Dąbrowski, 1982) zawierała również wyniki kompleksowych badań hydrogeologicznych przeprowadzonych w latach 1976–1981. W następnym roku przedstawiono aneks do wyżej wymienionej dokumentacji (Dąbrowski i in., 1983) oraz dokumentację hydrogeologiczną dotyczącą określenia reżimu wód podziemnych rejonu przygranicznego Krzeszów–Adršpach (Szafranek i in., 1983). Wyżej wymienione projekty badawcze obejmowały zarówno badania hydrogeologiczne, jak i badania modelowe mające pomóc w określeniu bilansu wodnego. W wyniku porozumienia polsko-czechosłowackiego o współpracy hydrogeologicznej w rejonach przygranicznych prowadzone są badania monitoringowe. Na wniosek strony czechosłowackiej rejon Krzeszów–Adršpach do tej współpracy włączony został w 1976 r. Obserwacje dotyczyć miały wpływu projektowanej eksploatacji wód podziemnych z terenu niecki krzeszowskiej na reżim wód podziemnych północnej części niecki polickiej, a w późniejszych latach także sytuacji odwrotnej w związku z rozbudową ujęć po stronie czechosłowackiej (Grzegorzczak, Nowacki, 1996–2000). W roku 1998 rozpoczęto prace związane z budową modelu hydrodynamicznego wód podziemnych dla terenu pogranicza Polski i Czech rejonów Kudowa–Police, Krzeszów–Adršpach i Mieroszów na zlecenie RZGW we Wrocławiu i Min. Środ. Naturalnego Republiki Czeskiej. Polskim podwykonawcą prac była firma Aquator z Wrocławia (Milicky i in., 2001). Ich celem było numeryczne rozwiązanie obiegu wód podziemnych na obszarze występowania osadów kredowych i permokarbońskich w zasięgu niecki śródsudeckiej. Pośrednio niecka krzeszowska jako część większej jednostki, a zarazem fragment byłego województwa wałbrzyskiego, została objęta badaniami hydrogeologicznymi o zasięgu regionalnym (Kowalski, 1986, 1990). Badania hydrogeochemiczne na obszarze depresji śródsudeckiej prowadził M. Stępień (2004).

Warunki hydrogeologiczne

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne niecki krzeszowskiej i jej górskiego obrzeżenia określają schematyczne założenia krążenia wód w tym rejonie. Niec-

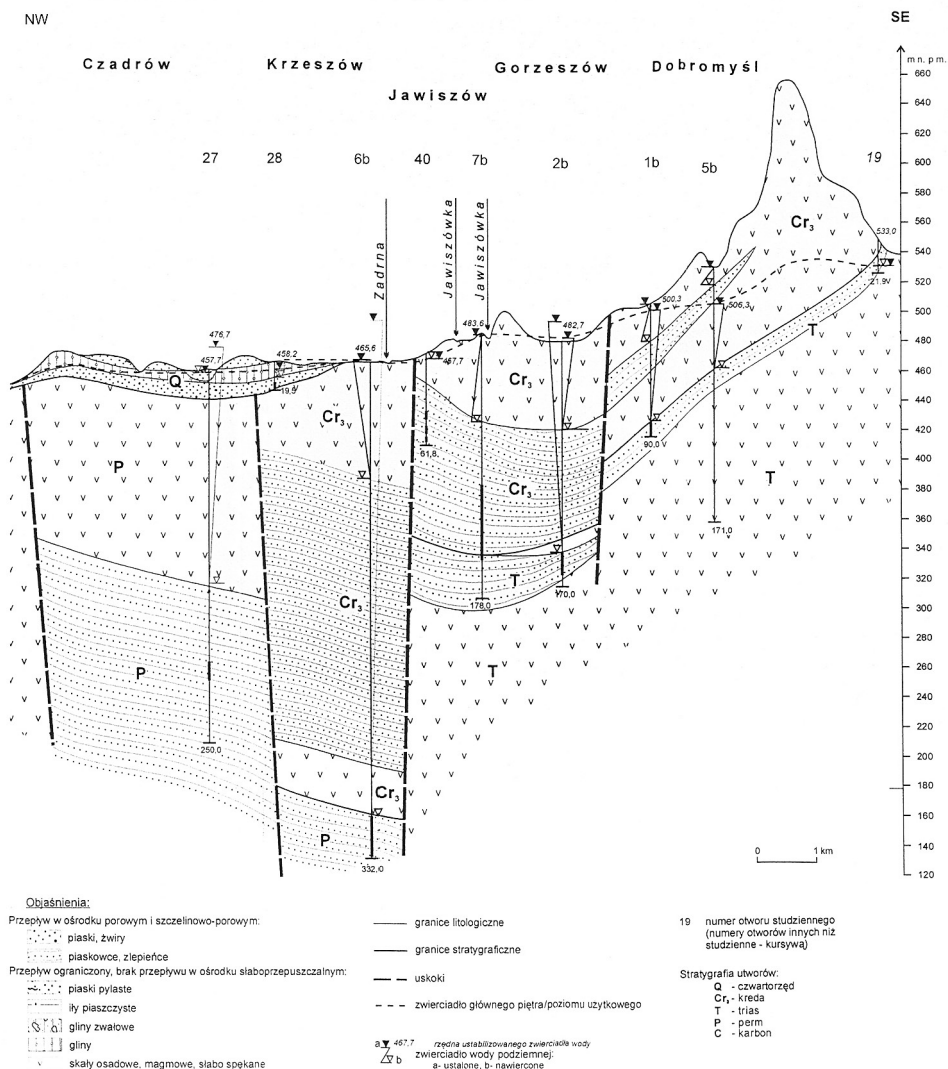
kę krzeszowską z piętrami wodonośnymi w utworach permu, triasu i kredy ograniczają Góry Krucze i Kamienne zbudowane z krystalicznych skał permskich z piętrzem wodonośnym w tych utworach. Niecka krzeszowska stanowi NW część depresji śródsudeckiej. Jej wykształcenie odbiega od pozostałych części depresji z uwagi na formę i dobre zbiornikowe właściwości osadów kredy. Obszar niecki jest znaczącym rezerwuarem wód pitnych o bardzo dobrej jakości w ramach GZWP 343 i dlatego objęty został szczególną ochroną przed degradacją ilościową i jakościową (Wojtkowiak, 2002).

Rejon niecki krzeszowskiej traktowany jest jako układ różnowiekowych, przepuszczalnych warstw (bloków) o ograniczonej więzi hydraulicznej. Rozumie się przez to kontakt warstw przepuszczalnych poprzez warstwy słabo przepuszczalne oraz półprzepuszczalne. W schemacie tym istnieją także warstwy praktycznie nieprzepuszczalne, które nie wykazują jednak ciągłości występowania. Stanowią one wyodrębnione bloki albo mają okna hydrogeologiczne i dlatego nie przerywają sieci krążenia wód w obrębie niecki. Przyjmuje się, że podczwartorzędowe warstwy przepuszczalne, słabo przepuszczalne i półprzepuszczalne stanowią część układu o typie szczelinowo-porowym, co oznacza, że bloki skał porowatych pocięte są systemami szczelin. Parametry przewodnictwa wodnego są tu więc uzależnione głównie od ilości drożnych szczelin, natomiast o zasobach wód decyduje porowatość efektywna bloków. Nie wyklucza się również istnienia warstw wodonośnych o typie wyłącznie szczelinowym, o nikłej porowatości. Ich zasoby wiązane są niemal wyłącznie z pojemnością szczelin. Sumaryczna objętość porów w opisywanych skałach jest około 10-krotnie mniejsza od objętości w nich szczelin (Dąbrowski, Szafranek, 1983). Na omawianym terenie występują użytkowe piętra wodonośne w utworach czwartorzędu, kredy, triasu i permu. Czwartorzędowe piętro wodonośne odgrywa ważną rolę w zaopatrzeniu w wodę mieszkańców. W jego obrębie można wydzielić poziomy wodonośny wykształcony w piaskach i żwirach wodnolodowcowych oraz rzecznych o miąższości do 10 m. Występowanie poziomu wodonośnego w utworach rzecznych ograniczone jest zasięgiem doliny Zadrny i większych dopływów (Grzegorzczak, 2002a, b; Wojtkowiak, 2002). Poziom wodonośny w obrębie piętra czwartorzędowego zalega na utworach górnokredowych lub permskich, w związku z czym wody tych utworów łączą się z wodami w stropowych partiach kredy lub permu, tworząc pierwszy przypowierzchniowy poziom wodonośny. Zasobność tego poziomu jest niewielka z racji małej miąższości osadów wodonośnych (Dąbrowski, Szafranek, 1983; Kowalski, Szafranek, 1987).

Piętra wodonośne w utworach starszych od czwartorzędowych zachowują ścisłą łączność hydrauliczną, dlatego bywają często łączone i omawiane jako jeden kompleks wodonośny górnokredowo-triasowo-permski (Dąbrowski, Szafranek, 1983). Niekiedy, z uwagi na nieco słabsze parametry hydrogeologiczne utworów permskich i zbliżone wartości w przypadku osadów mezozoicznych, bywają łączone w jedno piętro wodonośne górnokredowo-triasowe (Cr-T) i permskie (P). Średnie wartości parametrów dla centralnej części niecki krzeszowskiej w kompleksie wodonośnym Cr-T-P przedstawiono w tabeli 7.5.1. Miąższość utworów górnokredowych na omawianym terenie wynosi od 22 m (otwór 5b) do 308 m (otwór 6b). W profilu pionowym kredy wody występują w obrębie spękanych piaskowców i mułowców cenoma-

nu i turonu o rozwiniętym systemie szczelin. W ogólnej masie przeważają jednak utwory słabo i półprzepuszczalne. Średni procentowy udział przelotów przez utwory przepuszczalne w profilu górnej kredy nie przekracza 20%. Największą przepuszczalność mają skały w strefach zaburzeń tektonicznych. Utwory wodonośne charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem parametrów hydrogeologicznych. Warstwy turonu i górnego cenomanu są słabo zawodnione, o czym świadczą uzyskane w czasie próbnych pompowań wydatki jednostkowe 0,2–1,6 m³/h/m.

Główną strefą dopływu wód w profilu górnej kredy są dolne piaskowce ciosowe (górny cenoman) na głębokości 70–150 m (Dąbrowski i in., 1983). W czasie prób-



Rys. 7.5.3. Przekrój hydrogeologiczny przez niekę kreszowską

nych pompowań osiągnięto wydajność jednostkową 2,5–7,6 m³/h/m i oznaczono współczynnik filtracji w zakresie 1–70 m/d. Na kontakcie dolnych piaskowców ciosowych i leżących bezpośrednio poniżej triasowych piaskowców stwierdzono wyraźny wzrost wodoprzepuszczalności wymienionych serii obserwowany w otworach 1b, 2b, 3b, 4b i 7b (Szafranek, Borowiec, 1981; Borowiec i in., 1983). Wody w osadach górnej kredy mają charakter subartezyjski, a w dolinie Zadny i Gorzeszowskiego Potoku artezyjski, o ciśnieniu 12–28 m n.p.t. Warstwami napijnającymi są słabo spękane, zwarte mułowce turonu i cenomanu.

W utworach triasu wody podziemne typu szczelinowo-porowego występują w piaskowcach. Brak izolacji z nadległymi utworami wodonośnymi stwarza dogodne warunki do swobodnej pionowej cyrkulacji wód między nimi, tak że tworzą one jeden wspólny poziom wodonośny. Wody w utworach triasowych mają charakter swobodny na wychodniach i artezyjski w centrum niecki. Jest to poziom o małej zasobności, ale o dużym znaczeniu z punktu widzenia zasilania w wodę poziomu górnokredowego z poziomów starszych. Pompowania na głębokości 20–170 m wykazały wydatek jednostkowy w granicach 0,03–0,5 m³/h/m (Kowalski, Szafranek, 1987). W S części niecki krzeszowskiej, w rejonie wschodni utworów triasu, obserwuje się w strefie kontaktu wód kredowych i triasowych duże wahania zwierciadła wody, które w ciągu roku dochodzą do 25 m, a w jego części spągowej nie przekraczają 8 m. Charakterystycznym zjawiskiem w centralnej części niecki krzeszowskiej jest brak źródeł o stałym wypływie, mimo dużego ciśnienia hydrosta-

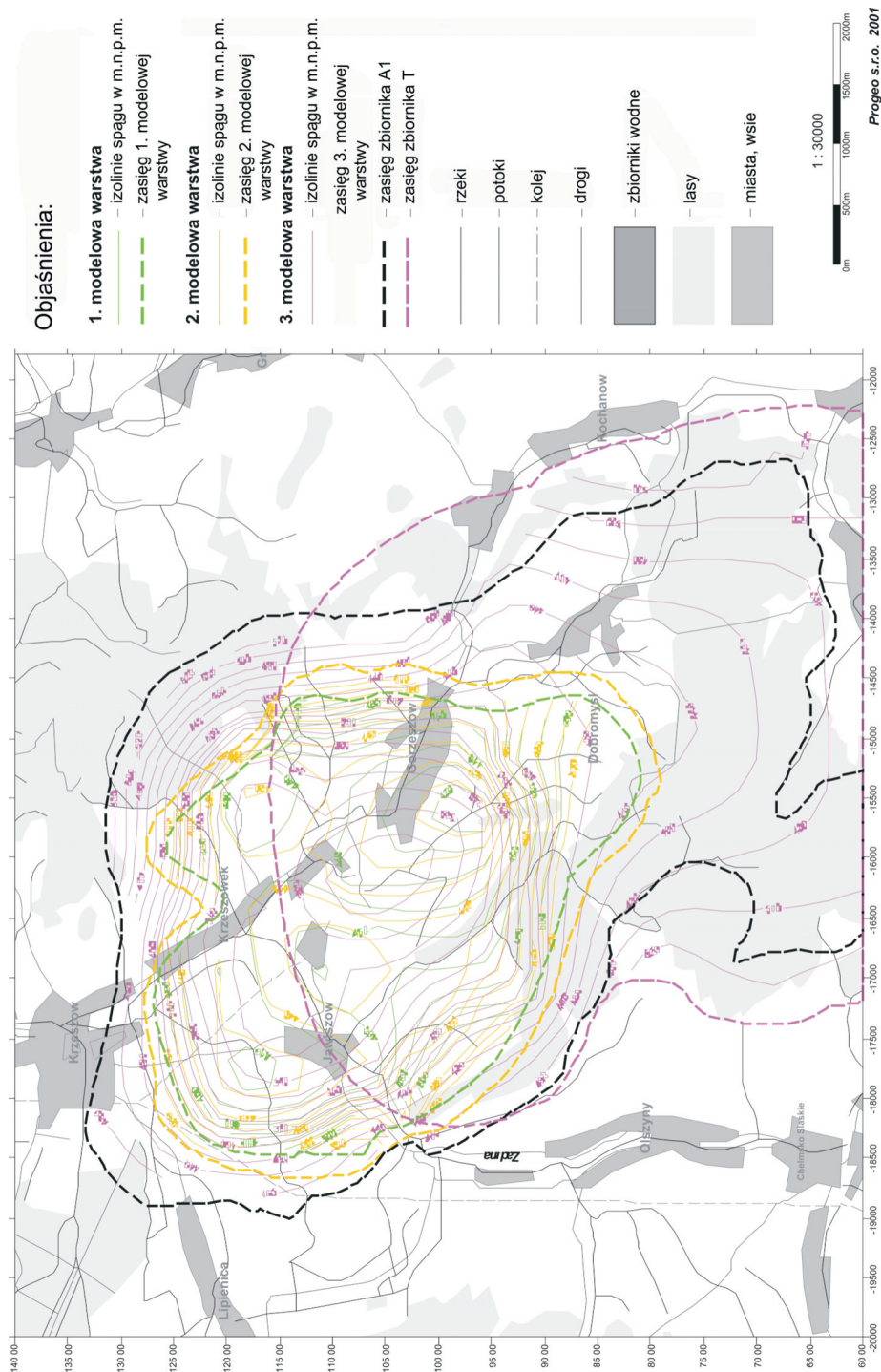
Tabela 7.5.1. Charakterystyka poziomów wodonośnych

Charakterystyka	Parametry	Poziom dolny	Poziom górny
Typ wodonośca		Porowo-szczelinowy (krzemionkowy)	Porowo-szczelinowy (krzemionkowo-węglanowy)
Litologia		Piaskowce	Piaskowce, margle
Stratygrafia		Kreda (cenoman), trias (pstry piaskowiec)	Kreda (turon, koniak)
Charakter izolacji od powierzchni terenu		Izolacja dobra w centrum struktury, na wychodniach brak izolacji	Zmienny, od braku izolacji (zwierciadło swobodne) do izolacji dobrej
Miąższość poziomu wodonośnego (m)	min.	15,0	7,3
	śr./śr. geom	33,7/29,2	56,1/44,4
	maks.	110,0	172,0
Głębokość nawiercenia (m)	min.	3,5	2,0
	śr./śr. geom	182,4/99,1	55,8/29,8
	maks.	585,0	256,0
Współczynnik filtracji k (m/s)	min.	4,17E-08	4,17E-08
	śr./śr. geom	2,95E-05/3,49E-06	3,72E-05/9,68E-06
	maks.	2,01E-04	2,04E-04
Przewodność T (m ² /d)	min.	0,064	0,18
	śr./śr. geom	59,6/7,5	141,7/23,0
	maks.	416,0	1263,8

tycznego wód poziomu kredowego (Dąbrowski, Szafranek, 1983). Piętro wodonośne górnokredowo-triasowe wydzielone na MhP (Grzegorzczak, 2002; Wojtkowiak, 2002) ma zasięg od granicy z Czechami na południu do Krzeszowa na północy. Na obszarze pokrywającym się z piętrzem Cr-T wyróżniono GZWP nr 342, wymagający szczególnej ochrony (Kleczkowski, red., 1990). Piętro zasilane jest na wychodniach lub przez utwory permskie w górskim obrzeżeniu niecki albo bezpośrednio poprzez piętro czwartorzędowe.

Głębokość występowania zbiornika jest bardzo zróżnicowana – od 20 m w Krzeszowie do około 100 m w Gorzeszowie, przy czym miąższość użytkowych stref wodonośnych przyjmuje się od 10 do 40 m przy wartości średniej 17 m (Wojtkowiak, 2002). Zwierciadło wody ma charakter napięty o rzędnych nawet do kilkunastu metrów p.p.t. Współczynnik filtracji utworów wodonośnych triasu w zależności od wykształcenia litologicznego kształtuje się w granicach 0,8–67 m/d (średnio 9,8 m/d). Średni współczynnik przewodności wynosi 166 m²/d, wydajności potencjalne studni wierconych wynoszą 30–70 m³/h i rosną w kierunku NE, przekraczając w rejonie ujęcia w Gorzeszowie 150 m³/h, przy depresjach 1,3–100 m. Jednostka hydrogeologiczna w zasięgu występowania utworów tego piętra wodonośnego charakteryzuje się dość dobrą izolacją, ale ze względu na kontakt z utworami permskimi i odsłonięcie na powierzchni terenu części wychodni triasu i kredy ostatecznie zaklasyfikowano ją jako słabo izolowaną.

W obrębie utworów permskich wyróżniono dwa poziomy wodonośne (Dąbrowski, Szafranek, 1983). Pierwszy z nich dotyczy utworów węglanowych, które ze względu na małą miąższość i niewielkie rozprzestrzenienie tworzą poziom wodonośny o znikomym znaczeniu. Zgodnie z obecnym podziałem stratygraficznym poziom ten winien wchodzić w skład drugiego wydzielonego na tym obszarze poziomu wodonośnego w obrębie utworów czerwonego spągowca. W jego obrębie występują utwory przepuszczalne i słabo przepuszczalne (piaskowce, zlepieńce, mułowce i skały piroklastyczne). Przeważają tu wody szczelinowe, porowatość skał odgrywa w procesach hydrogeologicznych znikomą rolę ze względu na przewagę w profilu pionowym osadów mułowcowych. Dopływy wód z tych utworów są bardzo zróżnicowane. W otworze nr 3b zwierciadło wody poziomu wodonośnego nawiercone na głębokości 343 m w piaskowcach ustaliło się około 1,2 m n.p.t. przy wydajności samowypływu około 68 m³/h, a w odległym od niego o 3 km otworze 6b woda nawiercona w tych samych utworach na głębokości 305 m ustabilizowała się około 33 m n.p.t., przy wydajności około 8 m³/h. Zawodnienie utworów czerwonego spągowca jest ściśle związane z tektoniką. W strefach zaangażowanych tektonicznie obserwuje się znaczne dopływy wód z tych utworów. Piętro wód czerwonego spągowca zasilane jest głównie na elewacjach, stąd zwierciadło wody ma najczęściej charakter artezyjski lub subartezyjski. Generalnie głębokość aktywnego krążenia wód opadowych zasilających omawiane piętro jest stosunkowo niewielka, o czym świadczy niska mineralizacja wód oraz szybka reakcja źródeł na opady atmosferyczne. Według Wojtkowiaka (2002) oraz Grzegorzczaka (2002) piętro wodonośne w utworach permskich podścielających piętro kredowo-triasowe charakteryzuje się z reguły mniejszą wodonośnością, mniejszymi wartościami współczynnika filtracji $k=0,41\text{--}0,8$ m/d, wydajnościami do 10 m³/h przy depre-



Rys. 7.5.4. Mapa zasięgu formacji wodonośnych oraz spągu kredowego piętra wodonośnego niecki krzeszowskiej (Milicki i in., 2001)

sjach nawet powyżej 100 m w porównaniu z piętnem w utworach mezozoiku. Wydatek jednostkowy z utworów permskich sięga najczęściej 0,0003–12,1 m³/h/m 0,1–0,5 m³/h/m. Lokalnie, pełni ono funkcję głównego piętra użytkowego, przejmując ją od piętra górnokredowo-triasowego. Dzieje się tak zwłaszcza na W, N i E od wychodni tych utworów. Kredowo-triasowo-permski poziom wodonośny zasilany jest głównie poprzez infiltrację wód opadowych na obszarach wychodni w spękane skały górnokredowe i starsze. Istnieje także przypuszczenie, że w strefach uskoku, gdzie panują dogodne warunki do zwiększonej infiltracji pionowej, istnieje intensywne zasilanie wodami powierzchniowymi i gruntowymi, np. w rejonie Jawiszowa (Dąbrowski, Szafranek, 1983). Prace badawcze nad rozpoznaniem schematu hydrodynamicznego najzasobniejszych w wodę części depresji śródsudeckiej (niecki polickiej i krzeszowskiej) były istotnym elementem w określeniu reżimu hydrogeologicznego tych terenów. Szczególnie ważne były wspólne obserwacje hydrogeologów polskich i czeskich dotyczące badania wzajemnego oddziaływania na siebie dużych ujęć wód podziemnych położonych po obu stronach granicy. Z najważniejszych opracowań ujmujących ten temat należy wymienić prace: Szafranka i in. (1978), Borowca i in. (1983), Dąbrowskiego i Szafranka (1983), Dąbrowskiego i in. (1983), Grzegorzczka i Nowackiego (1996–2000), Milickiego i in. (2001) oraz Nowackiego i Kašpárka (2001). Niektóre z nich (Dąbrowski, Szafranek, 1983) zawierały matematyczne opracowanie modelowe krążenia wód na terenie niecki i obszarów przyległych, a ostatnie autorstwa międzynarodowego zespołu (Milický i in., 2001) obejmują swym zasięgiem pogranicze polsko-czeskie wraz z niecką policką i krzeszowską. Do czasu przeprowadzenia badań modelowych zakładano odpływ wód podziemnych z terenu niecki krzeszowskiej w kierunku generalnie ku N (w kierunku Kamiennej Góry) oraz związek hydrauliczny wód podziemnych z wodami powierzchniowymi większych cieków, a zwłaszcza Zadrny. Przypuszczano, że pobór wody z niecki krzeszowskiej rzędu 12 000 m³/d (500 m³/h) nie powinien być odczuwalny na terenie niecki polickiej. Na podstawie wyników modelowania matematycznego krążenia wód dla celów bilansowych (Dąbrowski, Szafranek, 1983) odwzorowano przebieg działu wodnego oddzielającego nieckę krzeszowską od polickiej oraz ustalono wielkość możliwego poboru wód podziemnych z poziomu kredowo-triasowo-permskiego rejonu niecki krzeszowskiej w ilości 610 m³/h. Dzięki tym badaniom stwierdzono również, że: zasilanie poziomu wód wglębnych wodami gruntowymi jest niewielkie i występuje tylko lokalnie. Poziom wód wglębnych zasilany jest głównie na wychodniach, gdyż w strefie wód artezyjskich nie zachodzi infiltracja wód opadowych do poziomu wód wglębnych. W okresie prowadzonej eksploatacji ujęcia zaobserwowano czasowe zmniejszenie przepływów Zadrny w okolicach Jawiszowa i Gorzeszowskiego Potoku w rejonie Kochanowa. Eksploatacja ujęcia Gorzeszów nie powinna wpływać na wody podziemne w niecce polickiej. We wniosku do aneksu do dokumentacji zmniejszono wielkość zasobów eksploatacyjnych do poziomu 600 m³/h (Dąbrowski i in., 1983). Za powiązaniem hydraulicznym wód podziemnych niecki krzeszowskiej z jej górkim obramowaniem i wspólnym krążeniem wód przemawia analiza regresji wydajności źródeł zachodząca u podstawy górskiego obramowania niecki (Stępień, 2004). Wody podziemne niecki krzeszowskiej prawie

w całości zasilają Zadrnę w Krzeszowie, gdy przepływ w cieku nie przekracza $0,1\text{--}0,15\text{ m}^3/\text{s}$ (Kowalski, 1986). W roku hydrologicznym 2000 przepływ Zadrny w Krzeszowie wynosił (wszystkie wartości m^3/s) $NQ=0,077$, $SQ=0,628$, $WQ=2,7$. W przekroju w Krzeszówku na Gorzeszowskim Potoku zanotowano $NQ=0,004$, $SQ=0,113$, $WQ=0,567$ (Grzegorzczuk, 2002). Krzywe regresji przepływów tych potoków wykazują zgodność nachylenia z krzywą regresji źródła w Betlejem. Powyższa analiza dynamiki drenażu, powiązana z analizą pracy studni, jednoznacznie wskazuje, że na badanym obszarze występuje jeden wspólny wodonośny kompleks górnokredowo-triasowo-permski niecki krzeszowskiej i górskiego obramowania (Kowalski, 1986).

Opis ujęcia

Ujęcie Gorzeszów jest to ujęcie wód podziemnych z utworów kredowo-triasowo-permskich o zatwierdzonych zasobach eksploatacyjnych w kategorii B w ilości $Q=600\text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s=9\text{--}60\text{ m}$. Ujęcie składa się z 4 studni (2b, 3b, 4b, 7b) o głębokości $140\text{--}343\text{ m}$. Jego eksploatacja odbywa się obecnie z wydajnością $Q=337\text{ m}^3/\text{h}$. Użytkowane są 3 studnie położone w okolicach Gorzeszowa oraz jedna z terenu Jawiszowa. Woda pobrana na ujęciu przesyłana jest poza granice powiatu, do Wałbrzycha. Prócz normalnych obserwacji prowadzonych przez Wałbrzyski WZWIK – studnie 2b, 3b, 4b, 7b oraz Jeleniogórski WZWIK – 6b, studnie wiercone ujęcia wraz z czynnymi otworami piezometrycznymi oraz niektórymi studniami kopanymi i źródłami włączone są w różne sieci monitoringowe. W skład sieci obserwacyjnej w ramach kompleksowych obserwacji hydrogeologiczno-hydrologicznych rejonu przygranicznego Krzeszów-Adrśpach wchodzi w sumie 23 obiekty.

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych

Wartości odpływu podziemnego na badanym obszarze niecki krzeszowskiej należącej do zlewni Zadrny są dość zróżnicowane (Nowacki, Kaśpárek, 2001). Ze zlewni Zadrny, od źródeł do wodowskazu w Krzeszowie, o powierzchni 74 km^2 , odpływ podziemny wynosił $Q_{\text{dyn}}=1080\text{ m}^3/\text{h}$, a spływ jednostkowy $q=4,13\text{ l/s/km}^2$ przy $16,4\%$ udziale w całkowitym opadzie atmosferycznym. W obrębie powyższej zlewni wyodrębniono zlewnię Gorzeszowskiego Potoku o powierzchni $17,2\text{ km}^2$. Dla niej parametry te miały następujące wartości: $Q_{\text{dyn}}=187\text{ m}^3/\text{h}$, $q=3,02\text{ l/s/km}^2$ przy $p=12,0\%$. Po uwzględnieniu poboru wody z ujęcia Gorzeszów wartości parametrów dla całej zlewni Zadrny do przekroju w Krzeszowie wynoszą $Q_{\text{dyn}}=1435\text{ m}^3/\text{h}$, $q=5,5\text{ l/s/km}^2$ (Dąbrowski, Szafranek, 1983). Dla porównania wartości odpływów podziemnych ze zlewni Zadrny z wielolecia 1996–2000 przedstawiają Nowacki i Kaśpárek (2001).

Dla zlewni Zadrny do przekroju w Krzeszowie o powierzchni 74 km^2 przy przyjętych średnich opadach atmosferycznych z wielolecia 1996–2000 rzędu 800 mm , obliczono zasilanie w wysokości $1,85\text{ m}^3/\text{s}$ przy ewapotranspiracji $1,02\text{ m}^3/\text{s}$, odpływ podziemny ustalono na $0,400\text{ m}^3/\text{s}$, a odpływ całkowity $0,740\text{ m}^3/\text{s}$. Pobór wód podziemnych ze zlewni Zadrny jest związany głównie ze zlewnią cząstkową Gorzeszowskiego Potoku, gdzie zlokalizowane jest ujęcie Gorzeszów. Stanowi ona 21% powierzchni zlewni Zadrny, a eksploatowanych jest stąd aż 82% wód pod-

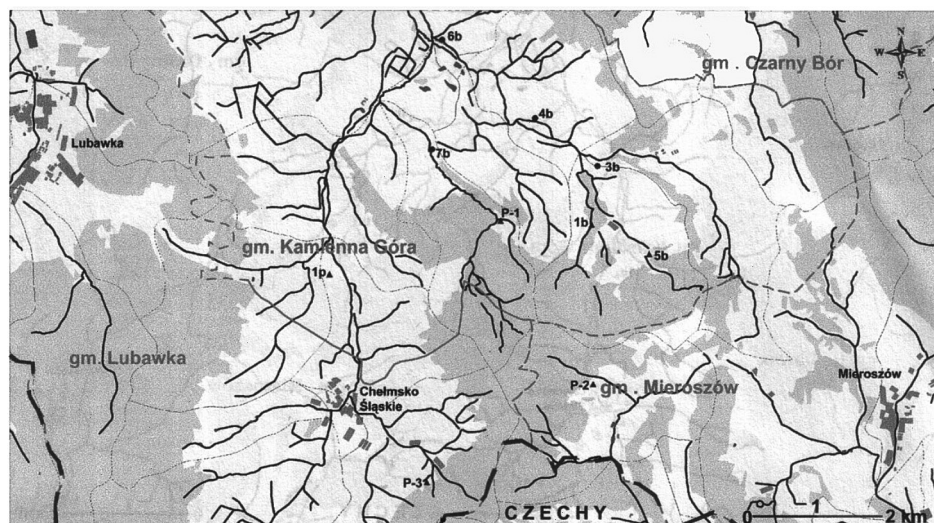
ziemnych przypadających na całą zlewnię. Wody podziemne, występując pod dużym ciśnieniem artezyjskim, zasilają wody powierzchniowe.

Duże pobory z ujęcia Gorzeszów powodowały w przeszłości nawet całkowity zanik przepływu ciekłu. Takie procesy zaobserwowano w latach suchych 1992–1995 w źródłiskowym odcinku Gorzeszowskiego Potoku. Wyniki szczegółowych analiz struktury odpływów ze zlewni cząstkowych w latach 1996–2000 wykazały istnienie odnowy retencji wód i wzrostu wielkości przepływów Gorzeszowskiego Potoku (wskutek zmniejszenia poboru wody przez ujęcie Gorzeszów), choć trwale utrzymują się niskie moduły odpływu podziemnego (Nowacki, Kašpárek, 2001).

Generalnie należy stwierdzić, że mokre okresy analizowanego 5-lecia (lata 1997 i 1998) nie wpłynęły w znaczący sposób na odnowę retencji wód podziemnych użytkowych poziomów wodonośnych. Główną przyczyną tego zjawiska jest fakt, że były to gwałtownie przechodzące opady letnie, formujące przede wszystkim odpływy powierzchniowe. Drugim istotnym elementem było wystąpienie „suchych” bezśnieżnych zim 1999/2000 i 2000/2001. W efekcie przy obserwowanym trendzie obniżenia wielkości eksploatacji wód podziemnych notuje się wyraźny spadek obniżenia zwierciadła wód podziemnych w strefie przygranicznej Polski i Czech w rejonie Chełmska Śląskiego w otworach P-3 w Chełmsku Śląskim i P-2 w Łącznej (Nowacki, Kašpárek, 2001). Utrzymywanie w kolejnych latach eksploatacji wód podziemnych na poziomie z wielolecia 1996–2000 (ok. 420 m³/h) nie powinno powodować skutków regionalnych w postaci dalszego obniżenia powierzchni piezometrycznej. Przebieg strefy wododziałowej pomiędzy nieckami krzeszowską i policką pozostał niezmieniony od czasu rozpoczęcia monitoringu. Obniżenia zwierciadła wód podziemnych w żadnej z warstw modelowych nie przekroczyły 1 m. Wcześniej brak wpływu eksploatacji wód podziemnych po stronie polskiej na reżim wód w niecce polickiej potwierdzany był wielokrotnie, ostatnio w świetle kompleksowych badań monitoringowych w latach 1996–1999 (Nowacki, 1996, Grzegorzczak, 2000).

Tabela 7.5.2. Parametry geologiczno-techniczne studni ujęcia komunalnego w Gorzeszowie na etapie ich próbnych pompowań indywidualnych przy ustalaniu dla niecki krzeszowskiej zasobów eksploatacyjnych (wg Dąbrowski, Szafranek, 1983; Dąbrowski i in., 1983)

Numer otworu	Rzędna terenu [m n.p.m.]	Głębokość studni [m]	Wydajność [m ³ /h]	Depresja [m]	Głębokość filtrowania [m]	Stratygrafia ujętej warstwy (litologia)
2b	480	170	80	30,9	59–150	Turon-cenoman (piaskowce i wapienie)
3b	497	343	60	9,0	306–334	Autun(mułowce, piaskowce)
4b	482	140	160	25,4	64–140	Turon-cenoman (piaskowce)
6b	465	332	30	103,9	305–332	Cenoman-autun (mułowce, piaskowce, zlepienie)
7b	485	140	170	30,0	102–152	Cenoman-pstry piaskowiec (mułowce, piaskowce)



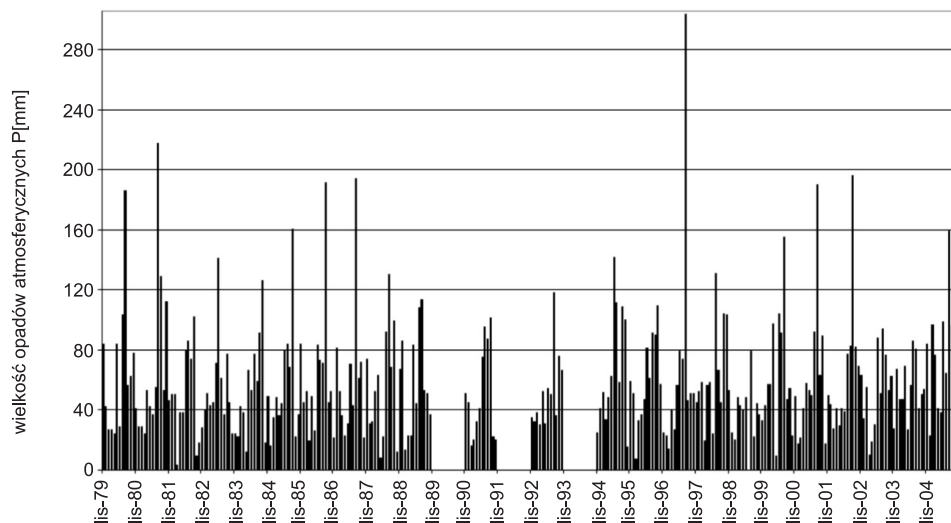
Objaśnienia:

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| — granica państwa | ▲ piezometry |
| - - - granica gminy | ● czynne studnie ujęcia „Gorziszów” |
| — granica zlewni do V rzędu | ■ lasy |
| — główne ciek | ■ zabudowania |

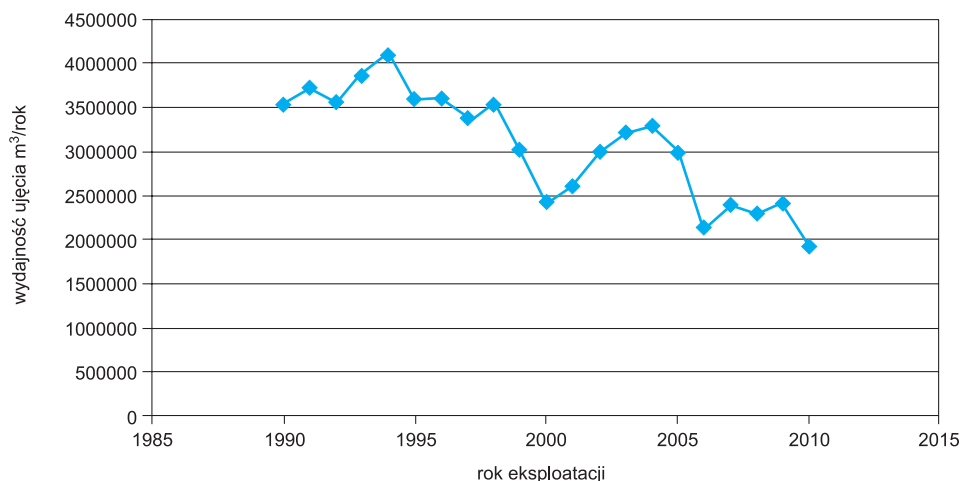
Rys. 7.5.5. Elementy ujęcia Gorziszów

Charakterystyka poboru wody

Pobór wody z ujęcia dla potrzeb wodociągu komunalnego Wałbrzycha z rejonu niecki krzeszowskiej trwa od 1979 r. do chwili obecnej. Początkowo wynosił około



Rys. 7.5.6. Wykres miesięcznych opadów w niecce krzeszowskiej w latach 1980–2005



Rys. 7.5.7. Zestawienie wydajności studni ujęcia Gorzeszów w latach 1990–2010

8000 m³/d. W 1981 r., po włączeniu do systemu studni 7b, wynosił już średnio 11 000 m³/d i stopniowo wzrastał do ilości 14 400 m³/d (600 m³/h) w 1983 r. oraz 10 080 m³/d (420 m³/h) w 1988 r. W następnych latach zapotrzebowanie na wodę omawianego ujęcia zaczęło się stabilizować na poziomie około 8000 m³/d. Pobór wody stopniowo ograniczano aż do 4400–8100 m³/d w 2010 r. (rys. 7.5.7).

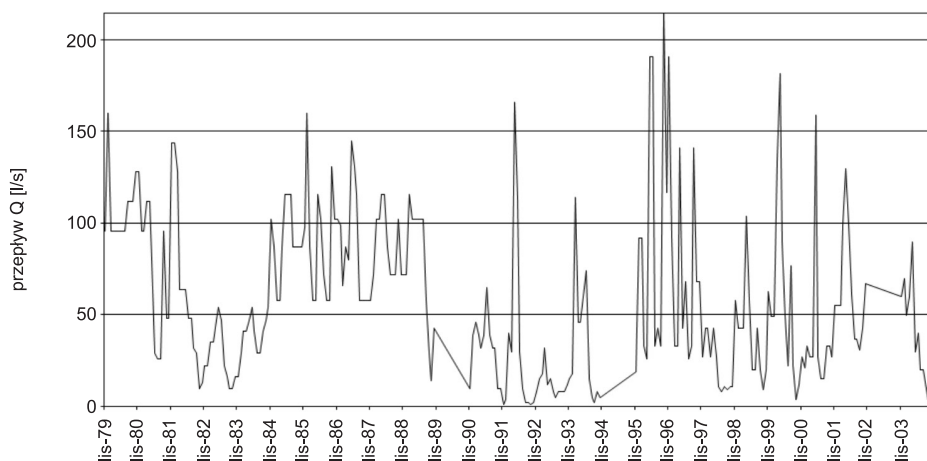
Oddziaływanie ujęcia na otoczenie

Pomiary i obserwacje hydrogeologiczne w zlewni Zadrnej prowadzone od samego początku eksploatacji ujęcia przez szereg firm i autorów cytowanych w załączonym piśmiennictwie umożliwiają długookresową ocenę zmian warunków wodnych w otoczeniu ujęcia. Obserwacje stanów zwierciadła wód podziemnych prowadzono od początku w studniach ujęcia, piezometrach i studniach kopanych. Mierzono także wydajności kilku źródeł, przepływy rzek Zadrny i Gorzeszowskiego Potoku oraz zestawiano dane o opadach i poborach wody w zlewni zasobowej ujęcia. Ilość punktów obserwacyjnych często zwiększała się w ramach przygranicznego monitoringu. Już w pierwszym okresie eksploatacji zaznaczył się istotny wzrost depresji w studniach. Zmiany zwierciadła wody w piezometrach i studniach kopanych były zróżnicowane od 2 m do około 35 m. W części z nich reakcja na pobór wody z ujęcia była niemal natychmiastowa, a w części opóźniona i maskowana wahaniami jej zwierciadła, wynikającymi z sezonowych i wieloletnich zmian retencji.

W okresie największego poboru wody (1983–1994) doszło do osuszenia znacznych odcinków źródłowych cieków po obu stronach granicy. Po 1994 r. pobór wody w ujęciu zaczął się stopniowo zmniejszać, co spowodowało ogólne podniesienie się zwierciadła wody, lecz proces ten jest często maskowany dużymi amplitudami wahań sezonowych zwierciadła. Przebieg poboru wody z dwóch studni nr 4b i 2b był bardzo stabilny. W studni 4b najwyższe pobory występowały do 1994 r. na poziomie 140–180 m³/h, a rzadziej 120–140 m³/h. W latach 1995–2002 zauważyć można trend spadku poboru do 140 m³/h. Depresje w studni były prawie stabilne na poziomie około 20 m, ale w ostatnich latach zmalały do kilkunastu metrów.

Drugą stabilną w eksploatacji jest studnia 2b. W początkowym okresie 10 lat pobór z niej wahał się od 80 do 100 m³/h, choć kilkakrotnie wystąpił trudny do interpretacji spadek do wartości 40–60 m³/h. Od 1996 r. studnia nie dostarczała więcej niż 80 m³/h wody, a depresje obniżyły się do wartości 5–10 m. Pobór z dwóch pozostałych studni jest wyraźnie niestabilny. Studnia nr 3b w latach 1984–1990 miała bardzo zmienną wydajność na poziomie 25–70 m³/h. Od 1991 r. zanotowano wyraźny wzrost do poziomu 60–90 m³/h oraz stabilizację od 2000 r. na wydajności około 60 m³/h. Przez 30 lat stale notowano zmniejszenie depresji z 10 do około 5 m. W studni 7b obserwowano najbardziej zmienny przebieg jej eksploatacji od wartości 100–160 m³/h do stale rosnących w latach 1994–2000. Studnie 3b i 7b były często wyłączane na 3–5 miesięcy.

Przepływ rzeki w rejonie Krzeszówka (rys. 7.5.8) obserwowano jeszcze przed budową ujęcia Gorzeszów i działania te kontynuowano przez cały czas jego eksploatacji. Porównując go z wielkością poboru wody z ujęcia można zauważyć, że w okresie poboru w ilości około 900 m³/h zaznaczyło się zmniejszenie przepływów niskich. Stopniowe zmniejszanie poboru od 1994 r. spowodowało natomiast ponowny wzrost częstotliwości występowania stanów wysokich, a od 2005 r. także i wyraźny wzrost stanów niskich. Dobowy pobór wody na poziomie 10 000 m³ jest wyższy nawet od wysokich przepływów Gorzeszowskiego Potoku. Ze względu na wagę problematyki badań istotne znaczenie ma identyfikacja przepływów transgranicznych między północnym systemem wodonośnym niecki polickiej i krzeszowskim systemem wodonośnym (Kryza, Kryza, 2008). Strefy dyslokacyjne są uprzywilejowanymi drogami odpływu podziemnego. Świadczą o tym zmiany zaistniałe po uruchomieniu ujęć wód podziemnych (Milicky i in., 2001). Między niecką krzeszowską i niecką policką istnieje brachysynklina łącznej rozcięcia na kilka bloków uskoki i fleksurami brzeżnymi. Poprzez osady kredy górnej mogą tu zachodzić kontakty i przepływy transgraniczne wód podziemnych. Ujęcie Gorzeszów po stronie polskiej zlokalizowane jest w sąsiedztwie czeskiego ujęcia Teplice–Adršpach.



Rys. 7.5.8. Przepływy minimalne Gorzeszowskiego Potoku przez przekrój w Krzeszówku (Serafin i in., 2005)

Obydwa ujęcia wpływają na szczyptywanie zasobów odnawialnych wód podziemnych niecki krzeszowskiej i północnej części niecki polickiej, przy czym brak dowodów na bezpośredni udział wymienionych ujęć w skali tego zjawiska i generowaniu przepływów transgranicznych.

Określenie zmian jakości wód w trakcie eksploatacji

Woda z ujęcia należy głównie do typu hydrochemicznego: $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ (studnie nr 2b, 3b, 4b, 7b) oraz $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$ (studnia 6b). Mineralizacja wody w studniach wynosi od 202 do 258 mg/l, a po wymieszaniu wody w pompowni kształtuje się średnio na poziomie 240 mg/l. Własności fizyczne, chemiczne i bakteriologiczne wody przesyłanej do wodociągu komunalnego w Wałbrzychu spełniają wymogi określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia. Wybrane jej własności są podane w tabeli 7.5.3.

Podczas wieloletniej eksploatacji ujęcia nie stwierdzono znaczących zmian składu chemicznego pobieranej wody ani jej własności fizycznych i bakteriologicznych, w tym stężeń składników mogących świadczyć o jej zanieczyszczeniu, tj.: jonu amonowego, azotynów, azotanów, chlorków i siarczanów. W przypadku stężeń chlorków, siarczanów i azotynów w ostatnich latach występuje nawet ich zmniejszenie. Pulsacyjny wzrost zawartości jonu amonowego i azotynów nie stwarza zagrożenia, gdyż zachodzi przy bardzo niskich wartościach ich stężenia. Zawartość jonu amonowego dochodzi do 0,16 mg/l, a azotynów do 0,01 mg/l przy dopuszczalnym poziomie w wodzie do picia 0,50 mg/l.

Tabela 7.5.3. Średni skład chemiczny wód ze studni ujęcia Gorzeszów do 2003 r. (Stępień, 2004) oraz aktualne podstawowe własności fizyczne i chemiczne wody z ujęcia Gorzeszów. Woda surowa ze studzienki zbiorczej w Boguszowie-Gorcach pobrana 8 listopada 2010

Lp.	Parametr	Jednostka	Studnia 2b	Studnia 3b	Studnia 4b	Studnia 7b	Woda surowa
1	Odczyn	pH	7,6	7,7	7,3	7,4	7,4
2	Przewodność	$\mu\text{S/cm}$	332	375	344	303	346
3	Subst. rozp.	mg/l	224	258	237	202	
4	Wodorowęglany	mg/l	165,3	170,9	153,7	147,9	
5	Siarczany	mg/l	24,6	29,0	25,1	21,6	35
6	Chlorki	mg/l	9,66	13,04	11,41	8,95	
7	Azotany	mg/l	11,47	27,69	19,27	9,25	13,5
8	Sód	mg/l	2,7	4,0	2,3	2,9	
9	Potas	mg/l	1,7	1,6	1,7	2,0	
10	Wapń	mg/l	45,55	41,65	44,15	39,27	
11	Magnez	mg/l	11,00	19,78	14,15	10,35	
12	Typ chemiczny		$\text{HCO}_3\text{-CaMg}$	$\text{HCO}_3\text{-CaMg}$	$\text{HCO}_3\text{-CaMg}$	$\text{HCO}_3\text{-CaMg}$	

Wszystkie analizowane parametry jakości wody w 2010 r. utrzymywały się w normie. Zwraca uwagę bardzo ograniczony zakres obecnie wykonywanych analiz chemicznych.

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków poboru

Wieloletni, trwający od 1979 r. do chwili obecnej, pobór wody z ujęcia wykazał, że jego zasoby eksploatacyjne ustalone w 1983 r. w ilości 600 m³/h (14 400 m³/d) są nieprecyzyjne. Maksymalnie po kilku latach użytkowania udało się z 4 studni pozyskiwać wodę w przeciętnej ilości 12 000–14 400 m³/d (1990–1994) z tym, że wymagało to pompowania ze studni przy wysokich depresjach eksploatacyjnych oraz wywoływało zmiany w przepływach cieków. Pomiarzy wykonane podczas eksploatacji wskazują na to, że studnie zachowały sprawność techniczną.

Późniejsze ograniczenie poboru nastąpiło wskutek systematycznego zmniejszania się zapotrzebowania na wodę wodociągu komunalnego Wałbrzycha na dostawę wody z tego ujęcia. Istniała także konieczność ograniczenia zasobów eksploatacyjnych wynikająca z potrzeby zapewnienia ciągłości przepływu rzeki Zadrnej i jej dopływów, choć sygnały w tej sprawie były lekceważone. Skalę rozbieżności prognoz zasobowych obrazuje różnica pomiędzy zasobami eksploatacyjnymi ujęcia ustalonymi w 1983 r. w ilości 600 m³/h a ich późniejszą korektą do ilości około

Tabela 7.5.4. Zmiany jakości wody ujęcia Gorzeszów–Jawiszów w latach 1978–2010 [mg/l]

Okres opróbowania	Wskaźnik	Studnia nr 2b Gorzeszów	Studnia nr 3b Gorzeszów	Studnia nr 4b Gorzeszów	Studnia nr 7b Jawiszów
1978–1982	TDS	260	224	148	96
	Azotany	4,44	0,44	3,54	1,78
	Siarczany	35	69	45	18
1986	TDS	224	228	204	190
	Azotany	6,64	18,6	12,18	5,31
	Siarczany	25	26	22	23
1991	TDS	364	224	186	184
	Azotany	11,07	19,04	15,06	3,19
	Siarczany	21	12	25	24
1996	TDS	232	240	224	
	Azotany	11,07	21,26	17,71	
	Siarczany	50	67	58	
2001	TDS	228	268		
	Azotany	12,40	26,59		
	Siarczany	15	15		
2004	TDS	224	258	257	202
	Azotany	11,47	27,69	19,27	9,25
	Siarczany	25	29	25	22
2010 – woda surowa	TDS	–			
	Azotany	13,5			
	Siarczany	35			

Tabela 7.5.5. Porównanie depresji określonych dla wydajności eksploatacyjnych studni ujęcia Gorzeszów ustalonych w 2010 r. z depresjami prognozowanymi dla tych wydajności w latach 1978–1982

Nr studni	Charakter studni	Wydajność eksploatacyjna (2010 r.) [m ³ /h]	Depresja eksploatacyjna (2010 r.) [m]	Depresja prognozowana [m]	Zmiana depresji w odniesieniu do prognozowanej w latach 1978–1983 [m]
2b	eksploatacyjna	154	60	59,8	–0,2
3b	eksploatacyjna	49,7	4,7	7,5	+2,8
4b	eksploatacyjna	240	31	38	+7,0
7b	eksploatacyjna	170	28,8	30	+1,2

400 m³/h dokonaną w latach 1994–1995 na podstawie doświadczeń zebranych w trakcie blisko 10-letniej eksploatacji. Wynosi ona 200 m³/h, co świadczy, że potwierdzone wieloletnią eksploatacją rzeczywiste zasoby ujęcia są o 33% mniejsze od ich wcześniejszej prognozy. Rozbieżność prognozy zasobowej z 1983 r. ze stanem obecnym charakteryzuje też porównanie depresji, przy ustalonym w 2010 r. poborze ze studni z wydajnością około 200 m³/h z depresjami prognozowanymi dla tych samych wydajności w dokumentacji z 1983 r. Są one o 1,2–7,0 m większe od stwierdzonych podczas próbnych pompowań indywidualnych za wyjątkiem studni nr 2b, gdzie praktycznie nie uległy zmianie (tab. 7.5.5).

Krytyczna ocena zastosowanych metod, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych

Opisana powyżej rozbieżność wcześniejszych prognoz zasobowych z rzeczywistymi warunkami hydrodynamicznymi w rejonie ujęcia wynika bezpośrednio z metod zastosowanych dla obliczenia jego zasobów eksploatacyjnych. W 1983 r. ustalono je na podstawie wyników próbnych pompowań indywidualnych studni. Oparty na wynikach obserwacji i modelowaniu numerycznym zbiornika, a w bilansie przepływów nie uwzględniono potrzeby zachowania prawidłowej wartości przepływu nienaruszalnego rzeki. W prognozie zasobowej liczono także na dodatkowe dopływy wody spoza zlewni. W ramach współpracy z czeskimi służbami geologicznymi polscy geolodzy zorganizowali sieć obserwacyjną i rozpoczęli wieloletnie systematyczne obserwacje hydrogeologiczne i hydrologiczne obszaru pogranicza Polski i Republiki Czech, w którego skład wchodziła nieka kreszowska.

Po kilku latach zwrócono uwagę na to, że pod wpływem eksploatacji wody po obu stronach granicy w niecce kreszowskiej i niecce polickiej dochodzi najprawdopodobniej do znaczniejszych zmian warunków wodnych w rejonie ujęć niż te, które prognozowano w dokumentacji zasobowej. W sposób jednoznaczny zaznaczyło się natomiast osuszenie Zadrnej i mniejszych cieków w południowej części zlewni. Na przelewach tych cieków coraz rzadziej rejestrowano stany wysokie. Zmniejszyły się też stany niskie. Nastąpił znaczny spadek wydajności źródeł, a nawet ich okresowe osuszenie. O konieczności zmniejszenia poboru wody i zasobów eksploatacyjnych ujęcia Gorzeszów dyskutowano w oparciu o bilanse wodne zlewni Zadrnej i wyniki badań modelowych oraz obliczenia przepływów transgranicz-

nych, podkreślając jednocześnie konieczność przywrócenia przepływu nienaruszalnego rzek. Analiza przepływów Gorzeszowskiego Potoku, w którego zlewni leżą studnie, wskazuje na to, że przez ponad 50% czasu wydajność ujęcia jest wyższa od przepływów niskich i średnich. Od 1995 r. zapotrzebowanie Wałbrzycha na wodę z ujęć w niecce krzeszowskiej zaczęło się zmniejszać aż do ilości około 4500 m³/d (187,5 m³/h) w 2010 r. Niezbędne wydaje się opracowanie dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej, w którym zasoby eksploatacyjne ujęcia skorygowane zostaną do ilości około 8000 m³/d (333,3 m³/h) uzgodnionej na podstawie modeli i bilansów wody dla całej depresji śródsudeckiej. Po doświadczeniach blisko 33-letniej eksploatacji oraz wynikach polsko-czeskiego monitoringu obszaru zasilania ujęcia i wnioskach z badań modelowych maksymalne zasoby eksploata-

Tabela 7.5.6. Porównanie zwierciadeł i poboru wody w studniach w kilku okresach eksploatacji ujęcia Gorzeszów

Nr studni	Rzędna terenu m n.p.m.	Głębokość zalegania zw. wody [m]	Rzędna zwierciadła wody [m]	Pobór wody [m ³ /d]		Faza funkcjonowania ujęcia
				studnie	ujęcie	
2b	480,3	+13,5	493,8	0	0	Okres budowy studni (1978–1981)
3b	497,0	+1,8	498,8	0		
4b	482,0	+12,0	494,0	0		
7b	485,1	1,5	486,6	0		
2b	480,3	46,5	433,8	3218	12 551	Okres ocen zasobowych (1983)
3b	497,0	3,9	494,9	1293		
4b	482,0	9,7	472,3	3960		
7b	485,1	30,3	454,8	4080		
2b	480,3	19	461,3	2945	13 950	Okres maksymalnej eksploatacji studni (1984–1994)
3b	497,0	1	496,0	1705		
4b	482,0	12	470,0	5580		
7b	485,1	22	463,1	3720		
2b	480,3	16	464,3	2480	12 772	Okres obniżonej eksploatacji studni (1995–2000)
3b	497,0	15	482,0	1860		
4b	482,0	16	466,0	4340		
7b	485,1	22	463,1	4092		
2b	480,3	8,2	472,1	1784	9308	Okres stabilizacji eksploatacji studni (2000–2009)
3b	497,0	7,9	489,1	1394		
4b	482,0	4,4	477,6	3065		
7b	485,1	23,5	461,6	3065		
2b	480,3	3,0	476,3	636	4697	Aktualna eksploatacja studni (25.10.2010)
3b	497,0	2,2	494,8	1249		
4b	482,0	0,9	481,1	1774		
7b	485,1	14,3	470,8	1036		
Zakres zmian		+ 13,5–46,5	433,8–498,8	0–5580	4697–13 950	

cyjne powinny ulec korekcie. Muszą to być wydajności wszystkich studni w niecce krzeszowskiej, które nie będą powodować zaniku przepływu lub obniżenia jego wartości poniżej wyznaczonego przepływu nienaruszalnego źródłowych partii Zadrny, Gorzeszowskiego Potoku oraz przygranicznych cieków w Republice Czech pozostających w obszarze zasilania ujęcia Gorzeszów. Wyniki dotychczasowej eksploatacji umożliwiają wykonanie na modelu numerycznej nowej prognozy dla zasobów eksploatacyjnych, wyznaczenie strefy spływu wód oraz terenów bilansowania przepływów transgranicznych w tym rejonie.

Przeprowadzone później szerokie badania hydrogeologiczne nie potwierdziły w pełni obliczeń zasobowych pierwszej dokumentacji tego ujęcia. Wyniki i obserwacje długoletniej systematycznej eksploatacji wskazują na potrzebę przeprowadzenia weryfikacji zasobów poszczególnych studni i wyjaśnienia ich wpływu na przepływy cieków, szczególnie na terenie Republiki Czech. Bardzo ważną rolę w tej fazie oceny zasobowej i prognozy na lata następne mogą odegrać rozbudowane w stosunku do dziś istniejących modele numeryczne zbiornika wód podziemnych niecki krzeszowskiej obejmujące także przygraniczne terytorium Czech oraz biorące pod uwagę rezultaty eksploatacji oraz długotrwałego monitoringu wód po obu stronach granicy.

Literatura

- Borowiec A., Szafranek M., Niżyński S., 1983. Dokumentacja wyników badań hydrogeologicznych dotyczących określenia reżimu wód podziemnych rejonu przygranicznego Kudowa-Police i Krzeszów-Adršpach. Proxima, Warszawa. Opracowanie archiwalne.
- Dąbrowski S., Rodziejewicz B., Szafranek M., 1983. Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów górnej kredy, triasu i permu w kategorii „B”. Przeds. Geol., Wrocław, CAG PIG, Warszawa. Opracowanie archiwalne.
- Dąbrowski S., Szafranek M., 1983. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów górnej kredy, triasu i permu w kat. „B” i „C”. Przeds. Geol., Wrocław, CAG PIG, Warszawa. Opracowanie archiwalne.
- Dąbrowski S. i in., 1983. System krążenia wód podziemnych Niecki Krzeszowskiej w aspekcie badań hydrogeologicznych i modelowania matematycznego. Mat. II Symp. „Współczesne problemy hydrogeologii regionalnej – Łądek Zdrój”. Wyd. Uniw. Wroc.
- Grzegorzczak K., 2002. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 oraz objaśnienia, arkusz Uniemyśl. PIG Oddz. Dolnośląski, Wrocław, CAG PIG, Warszawa.
- Grzegorzczak K., Nowacki F., 1996–2000. Coroczne raporty z badań monitoringowych w strefie przygranicznej Krzeszów-Adršpach i zlewnia Ścinawki. PG Proxima, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 2006. Praca naukowo-badawcza monitoring wód podziemnych i powierzchniowych strefy przygranicznej Polski i Czech w rejonach: Krzeszów-Adršpach, Kudowa-Zdrój-Police n. Metują i zlewnia górnej Ścinawki, etap III. Raport za rok hydrol 2005 wraz zadaniami towarzyszącymi. Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kowalski S., 1986. Uwagi o krążeniu wód podziemnych na obszarze Kotliny Kamiennogórskiej. [W:] Problemy hydrogeologiczne południowo zachodniej Polski. Pr. Nauk. Inst. Geotechn. Polit. Wr., 21.
- Kowalski S., Szafranek M., 1987. Warunki hydrogeologiczne niecki krzeszowskiej wraz z górskim obramowaniem. [W:] J. Malinowski (red.), Problematyka hydrogeologiczna

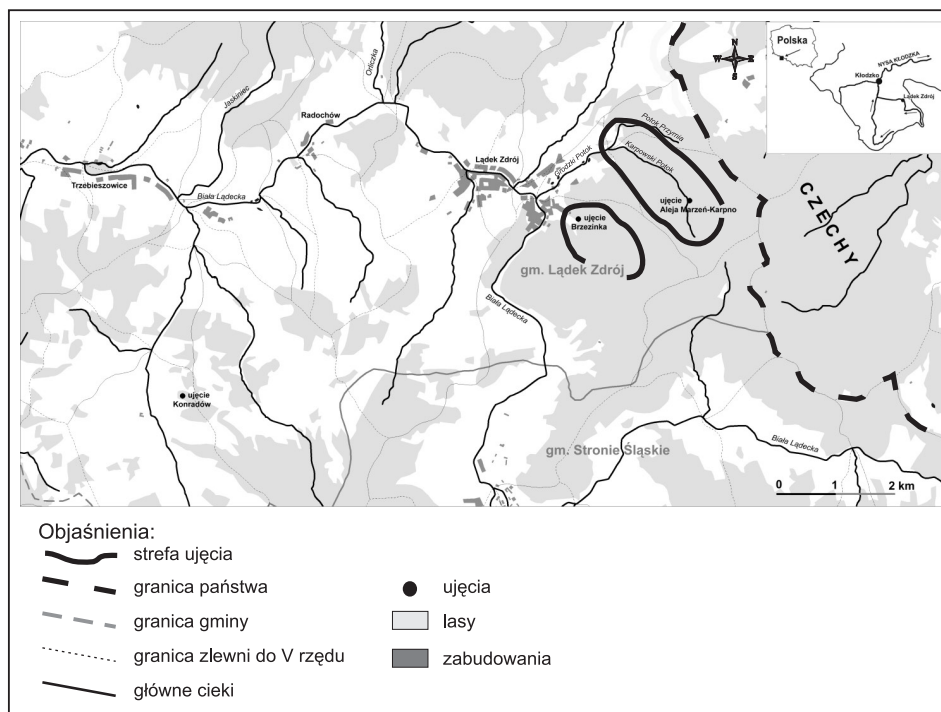
- wschodniej części Sudetów Zachodnich. Przewodnik LVIII Zjazdu PTGeol, Wałbrzych, 17–19 września 1987. Zakład Graf. AGH, Kraków.
- Kryza J., Kryza H., Mądrała D., Grzegorzczak K., Krawczyk J., Nowacki F., 1999. Sprawozdanie z II-go etapu prac dotyczących „Dokumentacja hydrogeologiczna badań modelowych dla określenia warunków hydrodynamicznych wód podziemnych na obszarze pogranicza Polski, w rejonach Kudowa–Police, Krzeszów–Adršpach, zlewnia Ścinawki”. Maszynopis. Archiwum RZGW, Wrocław.
- Kryza J., Kryza H., 2008. Oszacowanie kierunku i wielkości przepływów oraz określenie chemizmu wód podziemnych w profilu granicy państwa z Republiką Czeską wzdłuż granic JCWPd nr: 110 i 111 (niecka śródsudecka). Aquator, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Michniewicz M., Mroczkowska B., Wojtkowiak A., 1981, 1983. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:200 000 wraz z objaśnieniami, arkusz Wałbrzych. PIG, Warszawa.
- Milicki M., Uhlik J., Kryza J., Kryza H., 2001. Dokumentacja hydrogeologiczna badań modelowych dla określenia warunków hydrodynamicznych wód podziemnych na obszarze pogranicza Polski i Czech rejonów Kudowa–Police, Krzeszów–Adršpach i Mieroszów. PROGEO s.r.o., Praha, PG we Wrocławiu Proxima S.A., PPH Aquator Sp. z o.o. Wrocław, arch. Aquator. Opracowanie archiwalne.
- Nowacki F., Kašpárek L., 2001. Bilans hydrogeologiczny krążenia wód strefy przygranicznej Polski i Czech w zlewniach Zadrnej, górnej Ścinawki i Metuji (OKrA, OPKu, OS) – Hydrogeologiczna bilance Zadruhy, Stenavy a horní Metuje. PG we Wrocławiu, Proxima S.A., arch. Proxima, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Reichel A., 1998. Dyspozycyjne zasoby wód podziemnych niecki Krzeszowa. Praca magisterska. Arch. Hydrol. ING. Uniw. Wroc., Wrocław.
- Różycki M., Milewicz J., 1975. Utwory kredowe Sudetów Środkowych i Zachodnich jako zbiorniki wód podziemnych. Kwart. Geol., 19(1).
- Serafin R., Tyralski M., Firlit G., Nowacki F., 2005. Praca naukowo-badawcza monitoring wód podziemnych i powierzchniowych strefy przygranicznej Polski i Czech w rejonach: Krzeszów–Adršpach, Kudowa-Zdrój–Police n/Metują i zlewnia górnej Ścinawki. Etap II. Proxima, Wrocław.
- Staško S., Kryza J., Tarka R., 2007. Charakterystyka i model pojęciowy jednolitej części wód podziemnych JCWPd nr 110 (niecka śródsudecka). Uniw. Wroc., Wrocław.
- Stępień M., 2004. Procesy i warunki hydrogeochemiczne na terenie niecki krzeszowskiej i jej obrzeżenia (Sudety Środkowe). Rozprawa doktorska. Uniw. Warszawski, Warszawa.
- Szafranek M., Rodziewicz B., Grześkowiak W., Nowak F., 1978. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów górnej kredy, triasu i permu w kat. „B” wraz z projektem robót w miejscowości Gorzeszów. Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Szafranek M., Rodziewicz B., Niżyński S., 1983. Dokumentacja wyników badań hydrogeologicznych dotyczących określenia reżimu wód podziemnych rejonu przygranicznego Krzeszów–Adršpach. PG, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Wojtkowiak A., 2002. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Kamienna Góra. IG, Warszawa.

7.5.2. Ujęcia drenażowe Brzezinka i Karpno oraz ujęcie infiltracyjne dla Łądko-Zdroju

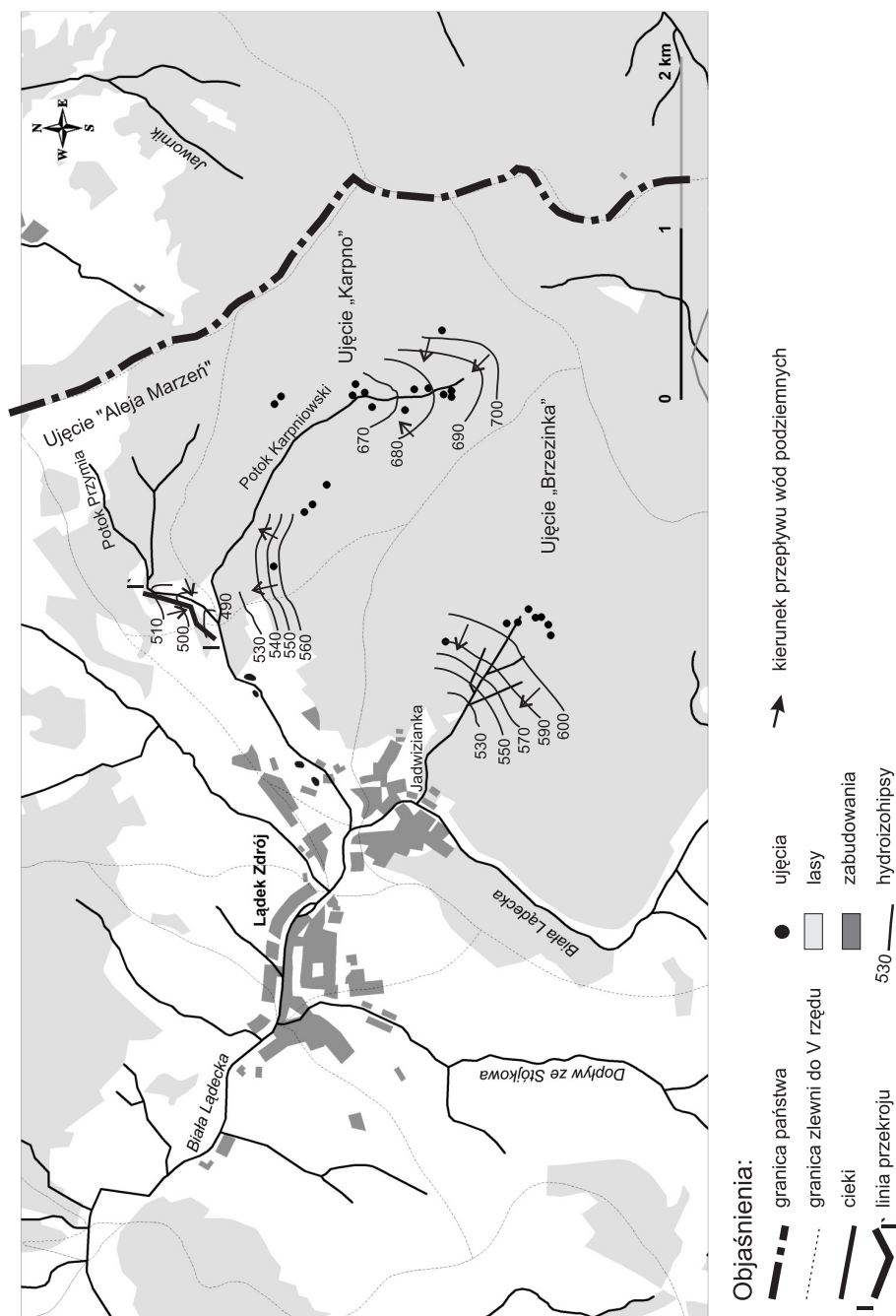
Józef Kryza

Wstęp

Ujęcie drenażowe Łądek-Zdrój położone jest w Łądku-Zdroju, w gminie Łądek-Zdrój, w powiecie kłodzkim, w województwie dolnośląskim w przygranicznej strefie Masywu Łądko i Śnieżnika (rys. 7.5.9). Właścicielem ujęcia i jego operatorem był Zakład Wodociągów i Kanalizacji, a od 2005 r. przejęte zostało przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Łądku-Zdroju. Ujęcie tworzy system złożony z kilku sąsiadujących obiektów (rys. 7.5.10). Są to: ujęcie drenażowe Brzezinka w zlewni potoku Jadwiżanka, ujęcie drenażowe Karpno w zlewni Karpinowskiego Potoku oraz ujęcie infiltracyjne i powierzchniowe Aleja Marzeń w zlewni potoku Przyrwa (Przyrwa). W ciągu ponad stu lat ich istnienia zmieniały one układ oraz swoją wydajność głównie z powodu zmian strategii zaopatrzenia miasta w wodę. Obecnie średnia dzienna produkcja wody tego systemu poboru wynosi około 1544 m³. Woda przeznaczona jest dla zaspokojenia wszystkich potrzeb komunalnych miasta oraz drobnego przemysłu, zakładów usługowych i turystycznych miasta i uzdrowska Łądek-Zdrój, a także najbliższych okolic. Ujęcie czerpie wodę podziemną i powierzchniową z czwartorzędowych pokryw zwietrzelinowych i aluwii oraz zwię-



Rys. 7.5.9. Położenie ujęcia w układzie administracyjnym i hydrograficznym



Rys. 7.5.10. Mapa aktualnego stanu hydrodynamicznego w rejonie ujęcia – 2006 r. (wg Kryza i in., 2005; Geotag, 2006)

trzałych i spękanych skał krystalicznych wieku dolnopaleozoicznego. Poszczególne elementy ujęcia powstawały począwszy od lat 1895–1906. W latach 1985–1986 zostało ono gruntownie odbudowane.

Lokalizacja i informacje podstawowe

Ujęcie położone jest w SW Polsce w Masywie Łądko i Śnieżnika Kłodzkiego, w rzeki Białej Łądeckiej, dopływu Nysy Kłodzkiej w dorzeczu Odry. Łądek-Zdrój położony w dolinie rzecznej od północy i wschodu otaczają Góry Złote, od południowego wschodu Góry Bialskie, od południa Masyw Śnieżnika, a od zachodu pasmo wzgórz Krowiarek. Występują tu wysokie opady atmosferyczne w granicach 850–950 mm w skali rocznej. Wynikiem tego jest silnie rozwinięta sieć hydrograficzna, szczególnie w obrębie Gór Złotych i Masywu Śnieżnika. Biała Łądecka, główna rzeka tego regionu, jest prawostronnym dopływem Nysy Kłodzkiej. Wodowskaz w Łądku-Zdroju (420,5 m n.p.m.) zamyka jej zlewnię o powierzchni około 165 km², obejmującą w całości tereny górskie. Zlewnia rzeki ma charakter asymetryczny, ze znacznie lepiej rozwiniętą siecią dopływów prawostronnych. Ma to znaczenie dla odpływu podziemnego i zasobów wodnych tego obszaru. Ważniejszymi prawostronnymi dopływami Białej Łądeckiej są: potok Jadwiżanka, Grodzki Potok, zwany w środkowym i górnym biegu Potokiem Karpinowskim (Karpowskim), potok Lutynia (Luty Potok lub Luta), Borówkowy Potok (Wójtówka), potok Przyrnia, a także potok Orliczka. Spadki podłużne cieków w rejonie ujęcia są bardzo duże i dochodzą do 100 m/km. Wody Białej Łądeckiej objęte są systematycznymi badaniami stanu zanieczyszczenia w ramach Państwowego Monitoringu. Na odcinku poniżej Radochowa zaliczane są do II klasy czystości (Borowiec, 2009).

Obszar Łądko-Zdroju znajduje się w hydrogeologicznym podregionie śnieżniko-złotostockim (Kryza, 1988), gdzie wody szczelinowe w utworach krystalicznych paleozoiku i prekambriu występują na głębokości od kilku do blisko 100 m. Są to czasami warstwy pod ciśnieniem, o wydajności od kilku do 30 m³/h, przeważnie do 10 m³/h. W regionalizacji hydrogeologicznej Polski teren ujęcia znajduje się w prowincji górskiej w regionie sudeckim. W podziale na JCWPd położony jest w jednolitej części wód podziemnych nr 112, w subregionie sudeckim (Paczyński, Sadowski, red., 2007).

Przedstawienie problematyki badawczej ujęcia

Głównym problemem badawczym jest ocena wiarygodności metod zastosowanych do obliczenia zasobów eksploatacyjnych i prognoz eksploatacyjnych ujęcia w Łądku-Zdroju w świetle potwierdzonego ponad 100-letnią eksploatacją jego rzeczywistego oddziaływania na warunki wodne. Ocenie poddano także stałość własności fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wody.

Ujęcie miejskie w Łądku-Zdroju ma charakter studziennie-drenażowy. W jego skład wchodzi trzy podsystemy: ujęcie drenażowe Brzezinka, ujęcie drenażowe Karpno i ujęcie Al. Marzeń (rys. 7.5.9, 7.5.12). Głównymi składnikami zasilania jego zasobów eksploatacyjnych są opady atmosferyczne i infiltracja wód z cieków odwadniających północno-zachodnie stoki gór Kadzielnia, Trojak, Karpia i Królówka. Zasi-

lanie jest silnie uzależnione od czynników klimatycznych (opady, susze, tajanie pokrywy śnieżnej) i hydrologicznych (intensywność infiltracji wód z cieków do ciągów drenażowych). Wysokie opady (700–800 mm) oraz sprzyjające retencji prawie całkowite zalesienie zapewnia wysokie i równomierne zasilanie. Duże nachylenie stoków powoduje szybki spływ i zmniejszenie stopnia retencji podziemnej. Główną rolę w kształtowaniu zasobów wodnych odgrywają dobrze wykształcone rumosze i zwietrzeliny płytkiej strefy wód podziemnych (Kryza, 1988). Zagrożeniem dla ilości pobieranych w ujęciach wód jest długotrwały, często ponad 100-dniowy brak intensywnych opadów, w tym także okresowy brak grubej, typowej dla tego terenu pokrywy śnieżnej od grudnia do marca. Obszar położony jest w bezpiecznej strefie ekologicznej o stosunkowo niskiej presji antropogenicznej, znacznym oddaleniu od zagospodarowanych stref. Charakterystyczna jest niska lub przeciętna odporność nadkładu ujętej warstwy wodonośnej na zanieczyszczenia z powierzchni terenu. Parametry hydrogeologiczne ujętej warstwy wodonośnej potencjalnie mogą sprzyjać swobodnej migracji zanieczyszczeń. Współczynniki filtracji pokrywy zwietrzelinowej wynoszą przeważnie poniżej 1 m/d (średnio 0,2 m/d), a przewodność hydrauliczna do 5 m²/d (średnia < 1 m²/d). Na terenach otaczających ujęcia Łądko-Zdrój brak jest znaczących ognisk zanieczyszczeń, lecz pewne zagrożenie dla ujmowanych wód może wynikać z prac leśnych, obiektów sportowych oraz wzmożonego ruchu turystycznego. Istotnym zagrożeniem dla jakości eksploatowanej wody mogą być zanieczyszczone wody opadowe (kwaśne deszcze). Z uwagi na bardzo słabą odporność środowiska wodnego na zanieczyszczenie (płytkie zaleganie, brak izolacji, brak skał zubożających kwaśne opady) oraz pomimo braku w zlewniach wodociągowych znaczących ognisk zanieczyszczeń, mając na uwadze możliwość stałego wykorzystywania ujęć dla zaopatrzenia mieszkańców w dobrej jakości wodę pitną, utworzono teren ochrony pośredniej ujęcia drenażowego. Strefę ochronną tworzą, poza wyznaczonymi terenami ochrony bezpośredniej, tereny ochrony pośredniej obejmujące obszary zasilania ujęcia (rys. 7.5.12). W strefie ochronnej nie występują zagrożenia geogeniczne zwykłych wód, mimo że w najbliższej okolicy znane są liczne wypływy wód mineralnych i źródła wód radonowych i że stwierdzono podczas badań wód wgłębnych Łądko-Zdroju współdziałanie opisywanego ujęcia drenażowego z licznymi mało wydajnymi źródłami, innymi ujęciami, a nawet studniami o głębokości około 700 m w rejonie doliny Karpnickiego Potoku i Jadwiżanki (Ciężkowski, 1990). W historii eksploatacji ujęcia nie odnotowano znaczącego pogorszenia się jakości czerpanych wód, nawet w okresie silnego wzrostu procesów zakwaszenia opadów. Ujęcie, leżąc w trudno dostępnej, przygranicznej strefie leśnej, nie oddziałuje negatywnie na ekosystemy zależne od wód podziemnych. Zjawisko starzenia się poszczególnych części ujęcia i ich kolmatacja ma wpływ na wydajność i żywotność studni i drenaży ujęciowych. W czasie eksploatacji przeprowadzono kilkakrotnie weryfikacje wielkości zasobów eksploatacyjnych. Powodem były wznowienia eksploatacji ujęć, wzrost poboru wody oraz rekonstrukcje i uzupełnienia ich części składowych oraz dodatkowe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych występowania wód podziemnych. Strefę ochronną ujęcia Łądek-Zdrój ustanowiono i wdrożono w 2002 r. (Kryza i in., 2002b). Obecnie monitoring ogranicza się do badań wydajności i jakości wody surowej w poszczególnych częściach składowych ujęcia.

Historia badań hydrogeologicznych

Wodociąg miejski Łódka-Zdroju wybudowany został w latach 1895–1896 jako wodociąg grawitacyjny. Ujęcie wód źródłanych składało się wówczas z dwóch studni o głębokości 5 m położonych na północnym stoku Potoku Karpinowskiego, oznaczonych na mapie (rys. 7.5.12) numerami 19 i 20 oraz z jednej studni położonej na zachodnim stoku Góry Zamkowej, tzw. Białej Studni, oznaczonej numerem 8 (rys. 7.5.12). Miasto i niżej położona część uzdrowiska były zaopatrywane ze studni nr 19 i 20 za pośrednictwem zbiornika o pojemności 500 m³ znajdującego się na wysokości 478,5 m n.p.m., natomiast wyżej położona część uzdrowiska ze studni nr 8 (Biała Studnia) za pośrednictwem zbiornika o pojemności 250 m³. Wydajność tych trzech studni wynosiła 350 m³/d. W roku 1909 oddano do użytku dalszych 7 studni o głębokości do 7 m i ciągi drenażowe (nr 1–7) ujmujące wody źródlane. Następne trzy źródła ujęte zostały za pomocą studni i drenów na północnym stoku Góry Zamkowej (nr 16–18), a woda z tego ujęcia została doprowadzona do studzienki zbiorczej wybudowanej na rurociągu dawnych ujęć V500. Wydajność nowych ujęć wynosiła 600 m³/d, w tym studni nr 1–7 około 400 m³/d; studni 16–18 około 200 m³/d. Zespół studni nr 1–8 aktualnie nazywany jest ujęciem Brzezinka. W roku 1925 ujęto trzy źródła w dolinie górnego biegu Potoku Karpinowskiego (nr 9–11) w Karpowie o łącznej wydajności około 150 m³/d. Ogólna wydajność ujęć wodociągowych wynosiła wówczas: studnie nr 19, 20 – 273 m³/d; studnia nr 8 – 80 m³/d; studnie nr 1–7 – 400 m³/d; studnie nr 6–18 – 200 m³/d; studnie nr 9–11 – 150 m³/d. Razem wydajność ujęć w 1925 r. wynosiła 1103 m³/d. W roku 1935 powstały dalsze nowe studnie w dolinie Potoku Karpinowskiego (nr 12–15) o łącznej wydajności 190 m³/d. Równocześnie wybudowany został nowy zbiornik wyrównawczy o pojemności 1000 m³ dla gromadzenia wody (zbiornik nr 3), a także studzienki zbiorcze (nr 21–22). Woda z ujęć położonych w dolinie Potoku Karpinowskiego (ujęcie Karpno) grawitacyjnie spływa za pośrednictwem studni zbiorczej nr 25 do zbiornika nr 3, a jej nadmiar przelewa się do zbiornika nr 2. Omówione wyżej ujęcia wody składające się z 20 studni miały przed 1945 r. średnią wydajność 1100–1200 m³/d. Trzy zbiorniki wyrównawcze wyznaczają trzy strefy ciśnienia wodociągu grawitacyjnego: zbiornik nr 1 o pojemności 250 m³; zbiornik nr 2 o pojemności 500 m³; zbiornik nr 3 o pojemności 1000 m³. Dalszy rozwój wodociągów oparł się na ujęciu studnią szybową źródła położonego na prawym brzegu Potoku Karpinowskiego oraz na ujęciu wody powierzchniowej z tego cieku. Wodę ze studni szybowej odprowadzano do wybudowanej pompowni. Ponadto w pobliżu ujęcia wody powierzchniowej ujęto wody spływające w warstwie zwierzeli za pomocą rur drenażowych obsypanych żwirem i położonych na głębokości 4–5 m (ujęcie Al. Marzeń). W skład tego obiektu wchodzi także szereg płytkich studni kopanych o głębokości 4–6 m. Ujęcie powierzchniowe na Potoku Karpinowskim funkcjonowało w latach 1963–1991. W roku 1981 rozpoczęto eksploatację wybudowanego na rzece Morawce w miejscowości Stara Morawa koło Stronia Śląskiego ujęcia wody powierzchniowej Morawka. Z ujęcia tego przesyłano do Łódka-Zdroju wodę w ilości 3000–3500 m³/d, co w znacznym stopniu zaspokaja potrzeby miasta.

Najwcześniejsze publikowane badania zwykłych wód podziemnych tego obszaru pochodzą z pracy i mapy niemieckiego geologa Leppli (1900, patrz Kryza, 1988). Badania wód podziemnych rejonu Łądko-Zdroju od lat 60. koncentrowały się na rozpoznaniu wód leczniczych i termalnych. Prace nad rozpoznaniem wód radonowych i źródeł wód leczniczych prowadzono bardzo intensywnie w latach 80. (Ciężkowski, 1981). Studia Gierwielanica są pierwszą polską ogólną charakterystyką hydrogeologii wód tego obszaru (Gierwielaniec, 1968, 1971). Badania Ciężkowskiego (1981, 1990) są monografią wód mineralnych Łądko-Zdroju, ale wnoszą też wiele informacji o wodach zwykłych tego terenu. W 1967 r. BP Balneoprojekt przedstawił dokumentację hydrogeologiczną złoża wód leczniczych Łądko-Zdroju. Bardzo szeroko zakrojone prace zakończono w 1974 r. sprawozdaniem z badań związanych z poszukiwaniem wód termalnych. W ramach tych prac wykonano 53 otwory badawcze do głębokości 30 m, w których rozpoznano skład chemiczny wód, ich temperaturę, wydajność oraz wysokie koncentracje radonu i fluoru na obszarze opisywanego ujęcia. Ponieważ badaniami objęto całe miasto wraz z terenami ujęć drenażowych, rezultaty tych prac wniosły także szereg nowych informacji o wodach zwykłych i termalnych. Stwierdzono między innymi wydajne (22 l/min) samowypływy wód termalnych oraz powszechne występowanie zwykłych wód w 96% wierceń. Wykonane jako efekt wcześniejszego rozpoznania w latach 70. nowe głębokie wiercenia pozwoliły wykryć obecność głębokich stref zawodnionych wodami zwykłymi. Przygotowano w 1980 r. opinię w sprawie możliwości stałego poboru wody z odwiertu L-1 (L-600) w Łądko-Zdroju dla celów komunalnych. Udokumentowane w tym otworze zasoby eksploatacyjne w wysokości 384 m³/d przy depresji 14,5 m nie były jednak podstawą do ich dalszej eksploatacji, gdyż dotychczasowy niekontrolowany pobór wód z otworu L-1 spowodował spadek wydajności pobliskich wód termalnych, ich demineralizację i możliwość obniżenia temperatury. Kolizja ze strefą ochronną wód termalnych była powodem wstrzymania eksploatacji. Od tego czasu dalsze prace projektowe koncentrowały się na rozbudowie ujęć drenażowych i powierzchniowych. Zrealizowano projekty operatów wodnoprawnych dla ujęcia wody powierzchniowej z potoku Przyrwa oraz wody drenażowej i infiltracyjnej z ujęcia Al. Marzeń. Opracowano „Zarys gospodarki wodno-kanalizacyjnej w gminie Łądek Zdrój” (Łambucki, 2004). W 2002 r. przyjęta została „Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne obszarów wodonośnych ujęć wody w Łądku Zdroju” (Kryza i in., 2002a). W tym samym roku powstała także dokumentacja stref ochronnych ww. ujęć (Kryza i in., 2002b). Firma Aquator (Kryza i in., 2005) zaprezentowała także „Koncepcję budowy nowych ujęć wody dla miasta i gminy Łądek Zdrój w oparciu o zasoby wód podziemnych i powierzchniowych”. Zaprezentowano w niej stan zaopatrzenia miasta i gminy w wodę oraz wyznaczono po badaniach terenowych dziesięć nowych stref przydatnych do rozbudowy ujęć. W 2005 r. Geotag przedstawił projekt prac geologicznych dotyczący lokalnych ujęć wody w Łądku-Zdroju oraz ustalenia ich zasobów wodnych. W 2006 r. ta sama firma przygotowała „Dokumentację hydrogeologiczną z wykonania 45 piezometrów dla potrzeb rozbudowy i modernizacji lokalnych ujęć wody w Łądku Zdroju oraz ustalenia zasobów wodnych” (Geotag, 2006). W otworach o głębokości około 8 m zabudowano filtry piezometrów

o średnicy 110 mm i przeprowadzono szeroko zakrojone badania: okresowe pomiary zwierciadła wody, temperatury i składu chemicznego, analizy uziarnienia gruntów i ich własności filtracyjnych oraz wydajności warstwy wodonośnej. Dwa dzięścia piezometrów pozostawiono do dalszego prowadzenia monitoringu. Badaniom wód gruntowych towarzyszyły obserwacje przepływów okolicznych cieków. Efektem ww. prac jest ocena zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych rozpoznanego obszaru.

Warunki hydrogeologiczne

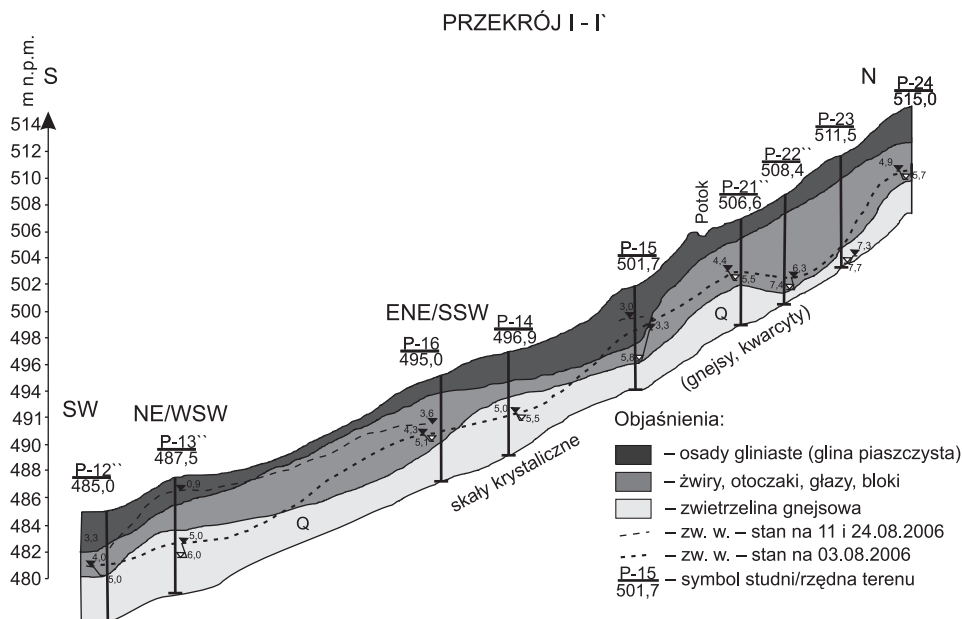
Rejon Łódka-Zdroju jest elementem metamorfiku łódzko-śnieżnickiego. Tworzą go dwie staropaleozoiczne formacje skalne skonsolidowanego podłoża: seria strońska (łupki łyszczkowe, gnejsy, kwarcyty, wapienie i erlany) oraz seria gierałtowsko-śnieżnicka (gnejsy śnieżnickie i gnejsy gierałtowskie). Krystaliczny fundament wykazuje silne zaangażowanie tektoniczne, sfałdowanie i liczne uskoki (Gierwielanec, 1968, 1971). Skały podłoża krystalicznego przykrywa zmiennej miąższości warstwa złożona z bloków i głazów, zwietrzelin i rumoszy oraz glin. W dolinach cieków i rzeki Białej Łódzkiej pokrywę tę tworzą także żwiry i piaski rzeczne. W rejonie Łódka-Zdroju wody podziemne występują w utworach aluwialnych, zwietrzelinie skał podłoża oraz w szczelinach skał krystalicznych (Gierwielanec, 1968; Ciężkowski, 1990; Kryza, 1988; Kryza i in., 2002a, 2002b, 2005; Geotag, 2006). Ze względu na brak wystarczająco grubej pokrywy zwietrzelinowej oraz dobrze rozwiniętych aluwiiw rzecznych obszary alimentacyjne dorzecza Białej Łódzkiej nie mają w ocenach zasobowych bardzo korzystnych warunków do magazynowania dużej ilości wody słodkiej. Na omawianym obszarze wydzielić można czwartorzędowy poziom, czyli wody osadów rzecznych i utworów zwietrzelinowych, oraz poziom paleozoiczno-proterozoiczny obejmujący wody płytkiego i głębokiego krążenia w obrębie zwietrzałych i spękanych skał krystalicznych. Wody terasów rzecznych w żwirach i piaskach występują na głębokości od 0 do 2 m. Obszar występowania tych wód najlepiej rozwinięty jest w dolinach Białej Łódzkiej oraz potoku Lutynia (Gierwielanec, 1968). Wody utworów zwietrzelinowych spotyka się w poziomach nieciągłych na głębokości od 1 do 8 m. Wody szczelinowe płytkiego krążenia związane są ze strefą zwiększonej szczelinowatości wietrzeniowej w skałach krystalicznych podłoża i sięgają prawdopodobnie do głębokości 20–30 m (Kryza, 1988). Są to często wody o naporze 0,3–4 m. Wody szczelinowe głębokiego krążenia związane ze strefami spękań pochodzenia tektonicznego stwierdzono na terenie Łódka-Zdroju do 700 m w otworach ujmujących wody w obrębie łupków serii strońskiej oraz w obrębie gnejsów. Istnieje również bardzo wiele źródeł, głównie w obniżeniach morfologicznych, tworzących szereg wysięków i mokradeł. Mają one charakter warstwowo-szczelinowy, a niektóre typowo szczelinowy cechujący się skupionym wypływem. Większość z nich charakteryzuje się wydajnością do 1 l/s, a wyjątkowo kilku lub kilkunastu l/s, przy czym widoczna jest zależność spadku tej wydajności od wzrostu rzędnej terenu ich wypływu.

Na mapie hydrogeologicznej w skali 1:50 000 w rejonie Łódka-Zdroju wydzielono jednostkę hydrogeologiczną w skałach paleozoiczno-proterozoicznych (Mroczkowska, 2000). W oparciu o kilka wierceń dla jednostki tej, reprezentującej płytki

system krążenia wód, podano następującą charakterystykę hydrogeologiczną: miąższość zawodnionych utworów – średnio 30 m; współczynnik filtracji – 0,43 m/d; wydajność potencjalna studni wierconej poniżej 10 m³/h; moduły zasobów odnawialnych – 155 oraz dyspozycyjnych – 75 m³/d z 1 km²; brak pokryw izolacyjnych. Ukształtowanie powierzchni terenu, z przewagą stromych zboczy i głębokich dolin, nie pozwala na retencję w tym rejonie większej ilości wody opadowej i dlatego poziom ten należy traktować jako tranzytowy, charakteryzujący się szybkim przepływem wód ze strefy zasilania do poziomu drenażu lokalnego cieków powierzchniowych. Zasadniczą część zasobów dyspozycyjnych stanowią zatem dość regularnie i obficie zasilane opadami atmosferycznymi wody gruntowe (Geotag, 2006).

Dla posterunku w Łądku-Zdroju wyznaczono dla okresu 1960–1989 następujące wskaźniki opadowe: średnia suma roczna – 855 mm (zima – 285, lato – 570); maksymalna średnia miesięczna występuje w lipcu – 124 mm; maksymalny opad miesięczny w lipcu 1980 r. wynosił 376 mm. Płytkie poziomy wód rumoszowych i szczelinowych drenowane są przez lokalne cieki. Dużemu zasilaniu towarzyszy znaczna zmienność sezonowa zasobów wód gruntowych, uzależniona od warunków atmosferycznych. Według Gierwielańca (1968) tereny wodonośne na wschód od miasta i uzdrowiska budują zwarte kompleksy gnejsów z lokalnymi szczelinowymi wodami w zwietrzelinie i w strefie zaburzeń tektonicznych. Krążenie wód w głębokich i uszczelinionych strefach tektonicznych potwierdzone zostało głębokimi wierceniami (L-1, L-2), gdzie na skrzyżowaniu linii tektonicznych, w jednym z otworów o głębokości 700 m (L-2), w obrębie gnejsów, napotkano wody termalne o charakterze artezyjskim (+0,75 m), o dużej wydajności 113 m³/h. Inne głębokie otwory w gnejsach, którymi nawiercono wody zwykle, nie osiągnęły dużych wydajności. W odwierconym już poza strefą skrzyżowania dyslokacji otworze L-1 o głębokości 600 m uzyskano już dość niskie wydajności, rzędu kilkunastu m³/h. Jeszcze niższą wydajność 4,1 m³/h uzyskano z otworu o głębokości 80 m, odwierconego w łupkach dla potrzeb mleczarni (Ciężkowski, 1990).

Warstwę wodonośną w strefie ujęć drenażowych Łądko-Zdroju tworzą w części spągowej przepuszczalnego poziomu spękanе gnejsy oraz ich zwietrzeliny. Miąższość wodonośnych gnejsów przypowierzchniowej warstwy wodonośnej trudno jest ocenić, ale średnio można przyjąć, że wynosi ona około 25–30 m. Warstwa glin stokowych, rumoszy i zwietrzelin gnejsów ma niekiedy więcej niż 8,6 m (rys. 7.5.11). W strefie zawodnionej występują także bardzo zróżnicowane utwory gruboklastyczne, począwszy od bloków i głazów po żwiry i piaski, często zaglinione. Powszechne są też różne odmiany glin: piaszczyste, ze żwirem albo ze żwirem i kamieniami. Zawartość frakcji pylastej w badanych osadach wynosi od 10 do 30% (Geotag, 2006). W bardzo dużej części wykonanych otworów wody podziemne o charakterze naporowym występują tylko w gnejsach, a nadległe osady są bezwodne do głębokości około 5 m. W stropie warstw czwartorzędowych obecne są najczęściej gliny lub gliny piaszczyste (0,5–4,0 m). Najczęściej (26%) warstwa przepuszczalna mieści się w klasie głębokości 3–7 m. Głębokość zwierciadła wód podziemnych tylko w kilku przypadkach jest mniejsza od 2 m, a w 65% wierceń mieści się w przedziale 3–7 m. Ponad 55% otworów ma wodę na głębokości 5–7 m. Maksymalna głębokość nawiercenia zwierciadła wody wynosi 8 m, minimalna 1,6 m.

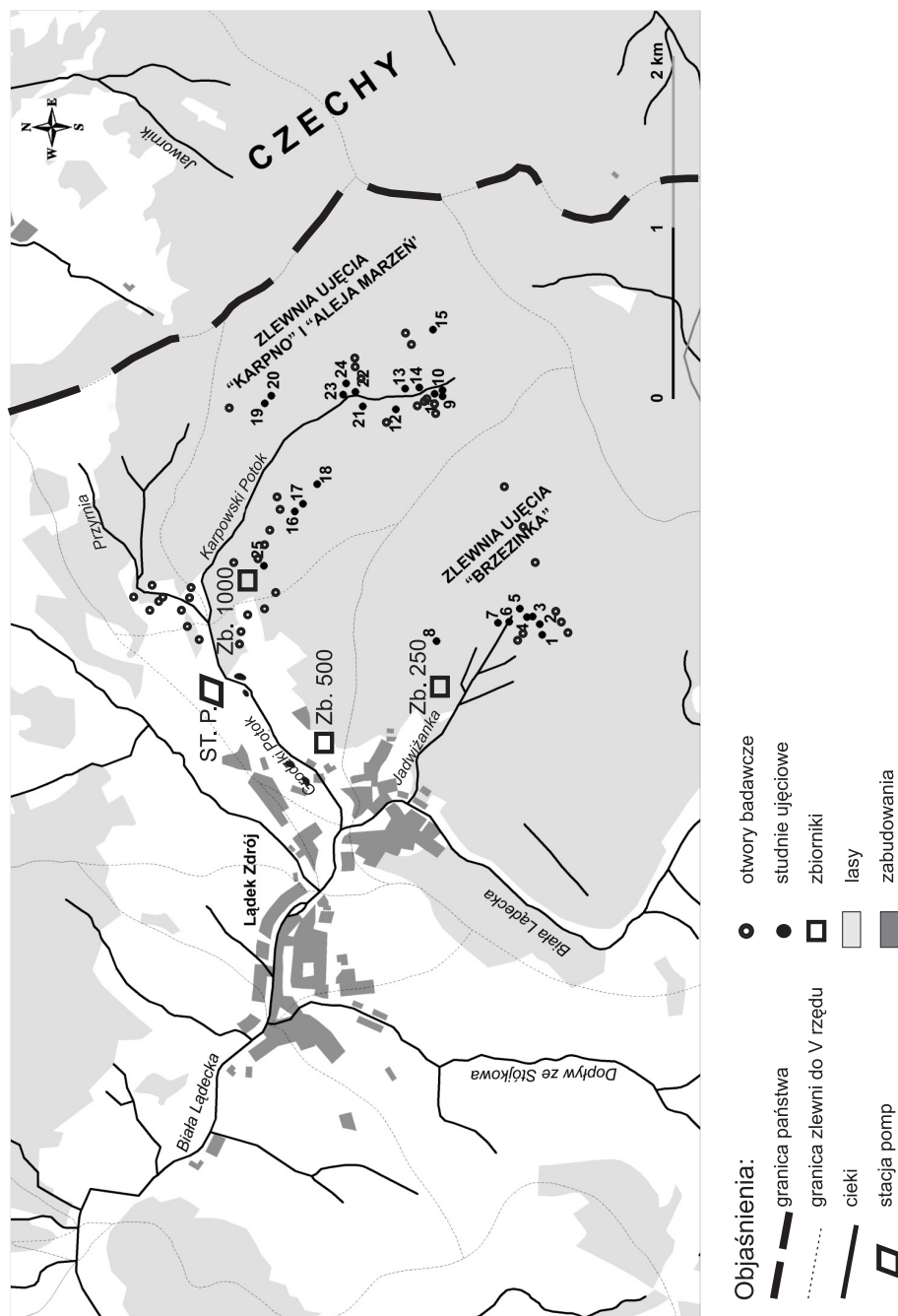


Rys. 7.5.11. Przekrój hydrogeologiczny przez część ujęcia drenażowego w Łądku-Zdroju (oprac. na podstawie Geotag, 2006)

Część otworów do głębokości 8 m jest sucha. W rejonie Al. Marzeń zwierciadło wody nawiercono w trakcie niżówki na głębokości 2,9–6,35 m, na ujęciu Karpno od 1 do 7,65 m, w strefie Brzezinka od 3,8–5,85 m. Miąższości warstwy zawodnionej wynoszą najczęściej 2–4 m. Sezonowe zmiany położenia zwierciadła wody mieszczą się na ogół w przedziale 1–3 m, a maksymalnie przekraczają 4 m. Współczynniki filtracji ustalone metodą obserwacji tempa stabilizacji po wykonaniu szczyrpywania 17 otworów (Geotag, 2006) były najczęściej mniejsze od 0,2 m/d (59%), rzadko dochodziły do 1 m/d (18%). Dzięki kilkudziesięciu otworom badawczym odtworzono strefowo mapę stanu hydrodynamicznego w rejonie ujęcia w roku 2006 (rys. 7.5.10). Hydroizohipsy wykazują dużą zgodność z topografią terenu i są uzależnione od drenującej roli cieków. Odływ wód skierowany jest ku NW. Gradienty zwierciadła wody mieszczą się w przedziałach: ujęcie Al. Marzeń 0,04–0,1; ujęcie Karpno 0,08–0,10; ujęcie Brzezinka 0,11–0,15.

Opis techniczny ujęcia

Dla celów komunalnych wykorzystywane są ujęcia drenażowe i ujęcie wody powierzchniowej zlokalizowane po wschodniej stronie miasta. Ujęcia te w 2002 r. w około 45% stanowiły źródło zaopatrzenia w wodę pitną mieszkańców Łądku-Zdroju (Łambucki, 2006). Pozostałą część wody sprowadzano spoza obszaru miasta. Ujęcia łądeckie czerpią wodę głównie z płytkich wód podziemnych. Są to ujęcie drenażowe Brzezinka w źródłowych partiach zlewni potoku Jadwiżanka i zlewni Karpinowskiego Potoku; ujęcie drenażowe Karpno leżące na północ od poprzedniego i ujęcie Al. Marzeń (rys. 7.5.12).



Rys. 7.5.12. Elementy ujęcia drenażowego Łądek-Zdrój

Ujęcie wody Brzezinka zlokalizowane jest w zlewni potoku Jadwiżanka, na zachodnim stoku Góry Zamkowej. W skład ujęcia wchodzi 7 studni, połączonych ciągami drenażowymi, o numerach od 1 do 7, ujmujących wodę podziemną na głębokości 4–7,3 m, oraz studnia nr 8, tzw. Biała Studnia, ujmująca wodę źródlaną i będąca równocześnie studnią zbiorczą, skąd woda odprowadzana jest do zbiornika o pojemności $V=250\text{ m}^3$. Wydajność ujęcia zależna jest od nasilenia opadów atmosferycznych, waha się w granicach 400–800 m^3/d ., a wartość średnia wynosi 500 m^3/d . Uzyskano pozwolenie wodnoprawne na korzystanie z wód w ilości do 450 m^3/d .

Ujęcie wody Al. Marzeń składa się z dwóch odmiennych systemów ujmowania wody. Pierwszy typ to drenażowe, infiltracyjne ujęcie na potoku Przyrnia zbierające za pośrednictwem rur drenażowych o średnicy 100 mm do studni zbiorczej (studni szybowej) wodę ze zwietrzeliny na głębokości 3–5 m oraz infiltrację z koryta Przyrni i przekazywaną do zbiornika o pojemności 50 m^3 . Część druga tego ujęcia to ujęcie wody powierzchniowej na Potoku Karpinowskim, które powstało w 1953 r., od 1985 r. do listopada 2006 r. nie było eksploatowane, a w 2006 r. przystosowane zostało do samodzielnej pracy jako ujęcie rezerwowe. Wydajność ujęcia powierzchniowego oraz podziemnego za pomocą drenażu została określona w operacie wodnoprawnym (RPWK, 1985) na 900 m^3/d , czyli 10,4 l/s. Przepływy charakterystyczne Karpinowskiego Potoku ustalono w sposób następujący: minimalny – $Q_0=501\text{ m}^3/\text{d}$; średni niski – $Q_1=1002\text{ m}^3/\text{d}$; normalny – $Q_2=1763\text{ m}^3/\text{d}$. Ujęcie Karpno zlokalizowane jest w zlewni Karpinowskiego Potoku. W skład ujęcia wchodzi 15 czynnych studni szybowych od nr 9 do nr 25 usytuowanych głównie w dolinie potoku po jego obu stronach (rys. 7.5.12). Głębokość studni dochodzi maksymalnie do 5,8 m. Ujmują one wody źródlane i płytkie wody w utworach zwietrzelinowych. Studnie nr 21 i 22 pełnią też rolę studni zbiorczych dla znajdujących się w pobliżu innych studni, a studnia nr 25 jest studnią zbiorczą dla wszystkich studni ujęcia. Woda z ujęć w dolinie Karpinowskiego Potoku grawitacyjnie spływa za pośrednictwem studni zbiorczej nr 25 do zbiornika wyrównawczego o pojemności 1000 m^3 , a jej nadmiar przelewa się do zbiornika o pojemności 500 m^3 znajdującego się na terenie Zdroju. Zestawienie studni (na podstawie przeglądu wykonanego w 2002 r.) wchodzących w skład poszczególnych ujęć zawiera tabela 7.5.7. Studnie drenażowe mają charakter studni szybowych (kopanych) o zróżnicowanych średnicach. Rozmieszczone są w postaci nieregularnych ciągów rur drenażowych (rys. 7.5.12) zagłębionych np. na ujęciu Karpno na głębokości 4–7 m. Do monitoringu całego ujęcia na czas bliżej nieokreślony zabezpieczono 20 piezometrów wykonanych w 2005 r. (Geotag, 2006).

Wykonany dla 2006 r. bilans produkcji wody łódzkiej wodociągów pozwolił ustalić, że średnia produkcja dobową wynosiła 1512 m^3 , z czego tylko 952 m^3 sprzedawano odbiorcom, a aż 559 m^3/d (35% produkcji) stanowiły straty. Ogólne potrzeby miasta w ilości 1608 m^3/d uzupełniane były zakupem wody ze Stronia Śląskiego w ilości 96 m^3/d (Łambucki, 2007).

Metodyka i wyniki obliczeń zasobów eksploatacyjnych

W 2002 r. opracowana została dokumentacja hydrogeologiczna (Kryza i in., 2002a), w której ustalone zostały zasoby eksploatacyjne opisywanych ujęć wody. Podsta-

Tabela 7.5.7. Parametry geologiczno-techniczne wybranych studni ujęcia drenażowego w Łądku-Zdroju

Nr studni	Rzędna terenu (obudowy) [m n.p.m.]	Rzędna dna studni [m n.p.m.]	Głębokość studni [m]	Uwagi
A. Ujęcie Brzezinka – zbiornik 250 m ³				
1	574,7	568,4	6,3	
2	577,32	570,52	6,8	
3	577,25	569,95	7,3	
4	573,79	569,49	4,3	
5	568,56	564,46	4,1	uszkodzona płyta betonowa
6	548,85	541,8	7,05	
7	546,6	540,4	6,2	
8	536,87	532,82	4,05	Biała Studnia
B. Ujęcie Karpno – zbiornik 1000 m ³				
9	669,38	665,88	3,5	uszkodzona płyta betonowa
10	669,51	666,36	3,15	
11	667,28	661,28	6	
12	658,67	655,57	3,1	
13	659,42	–	–	brak danych dotyczących głębokości
14	664,88	661,58	3,3	
15	–	–	–	
16	582,24	576,94	5,3	
17	587,32	581,52	5,8	
18	609,09	–	–	brak danych dotyczących głębokości
19	622,28	621,7	0,58	studnia zbiorcza systemu drenów
20	631,38	631,03	0,35	studnia zbiorcza systemu drenów
21	616,85	614,55	2,3	studnia zbiorcza dla studni 9–15
22	619,51	614,41	5,1	studnia zbiorcza dla studni 23 i 24
23	620,91	619,31	1,6	
24	–	–	–	nie odnaleziono
25	565,41	562,78	2,63	studnia zbiorcza dla wszystkich studni przy zbiorniku 1000 m ³
C. Ujęcie Al. Marzeń – stacja pomp (przepompownia)				
studnia szybowa	482,5			
ujęcie wody powierzchniowej	485,2			ujęcie nieczynne

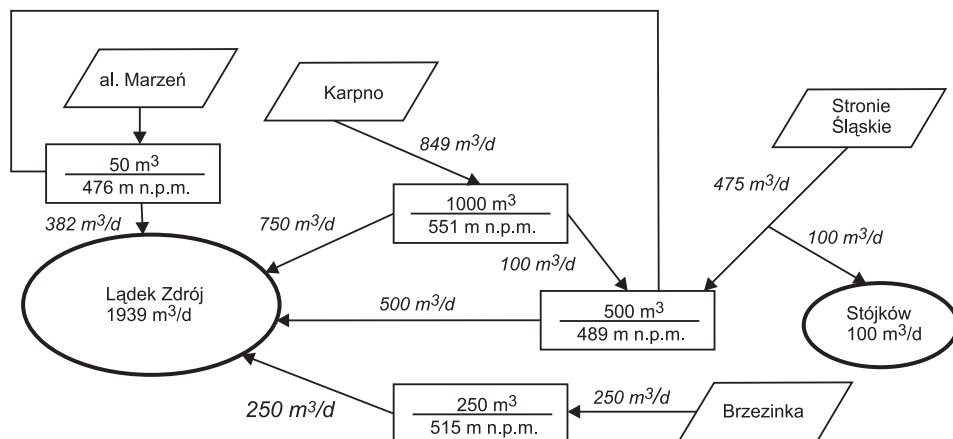
Tabela 7.5.8. Zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych w obrębie proponowanych dla Łądko-Zdroju zlewni wodociągowych (wg Kryza i in., 2005)

Lp.	Obszar obliczeniowy	Powierzchnia obszaru [km ²]	Zasoby odnawialne [m ³ /d]	Zasoby dyspozycyjne [m ³ /d]
1	zlewnia dopływów Białej Łądeckiej w Stójkowie	1,44	216	108
2	zlewnia potoku Luta	6,83	1024	512
3	zlewnia Borówkowego Potoku	5,85	877	439
4	górną część zlewni Orliczki	8,58	1287	644
5	źródłowy fragment zlewni Skrzynчанej	4,27	640	320
6	zlewnia potoku Jaskiniec	3,29	493	247
7	zlewnia dopływu Białej Łądeckiej w Trzebieszowicach	2,93	439	220
8	zlewnia dopływu Konradki w Kątach Bystrzyckich	1,97	295	148
9	zlewnia prawostronnych dopływów Konradki w Konradowie	1,01	151	76
10	zlewnia lewostronnych dopływów Konradki	0,87	130	65

wowe informacje do oceny zasobów eksploatacyjnych ujęć drenażowych zaczerpnięto z analizy ich wydajności rejestrowanych w latach 1997–2002 oraz określenia zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych (tab. 7.5.8). Ponadto wykorzystano wykonane dla potrzeb dokumentacji pomiary przepływów na Jadwiżańskim i Karpinowskim Potoku oraz wielkości charakterystycznych przepływów obliczone dla tych potoków wzorami empirycznymi. Wydajności ujęć regulowane są wielkością zasilania opadami atmosferycznymi i są ściśle związane z przepływami potoku, w którego zlewni się znajdują. Ich eksploatacja nie może naruszać przepływu nie naruszalnego, niezbędnego do zachowania życia biologicznego cieku, i zagrażać ujęciom wód leczniczych okolicznych źródeł. Ustalono w dokumentacji zasoby poszczególnych ujęć przedstawiają się w sposób następujący: dynamiczne zasoby wód podziemnych dla zlewni Jadwiżańskiego Potoku (ujęcie Brzezinka) określone w oparciu o odpływ podziemny równy 5 l/skm² wynoszą 950 m³/d. Po uwzględnieniu przebiegu eksploatacji i możliwości technicznych studni zasoby eksploatacyjne dla ujęcia ustalono w następujących wysokościach: $Q_{sr}=400$ m³/d, $Q_{max}=700$ m³/d. Maksymalna wartość zasobów eksploatacyjnych określona głównie w oparciu o możliwości techniczne ujęcia stanowi około 74% zasobów dynamicznych. Istnieje możliwość zwiększenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia poprzez budowę nowych studni. Ujęcia Karpno i Al. Marzeń zlokalizowane są w zlewni Karpinowskiego Potoku. Zasoby eksploatacyjne dla poszczególnych ujęć przyjęto w następujących wielkościach: ujęcie Karpno – $Q_{sr}=1000$ m³/d, $Q_{max}=1200$ m³/d; ujęcie Al. Marzeń – $Q_s=720$ m³/d, $Q_{max}=1000$ m³/d, w tym: ujęcie wody podziemnej – $Q_s=370$ m³/d, $Q_{max}=600$ m³/d; ujęcie wody powierzchniowej – $Q_s=350$ m³/d, $Q_{max}=400$ m³/d. Dynamiczne zasoby wód podziemnych dla zlewni Karpinowskiego Potoku wynoszą 1987 m³/d. Maksymalne zasoby eksplo-

atacyjne ujęć drenażowych Karpno i Al. Marzeń stanowią około 90% zasobów dynamicznych zlewni. Nie istnieje tutaj możliwość rozbudowy ujęcia. Biorąc pod uwagę fakt, że w ostatnich latach spada zużycie wody oraz to, że na terenie miasta nie przewiduje się w najbliższym czasie budowy obiektów wodochłonnych, maksymalne perspektywiczne zapotrzebowanie na wodę oszacowano na 2300 m³/d. Aktualny poziom zapotrzebowania na wodę komunalną umożliwia eksploatację ujęć drenażowych jako podstawowego źródła zaopatrzenia w wodę Łądko-Zdroju. Ustalono zasoby dla wszystkich ujęć wynoszą: $Q_{\text{śr.}} = 2120 \text{ m}^3/\text{d}$ i $Q_{\text{max}} = 2900 \text{ m}^3/\text{d}$. Biorąc pod uwagę fakt, że ujęcie wody Al. Marzeń funkcjonuje z ciągłymi problemami, to ilość wody, którą można aktualnie eksploatować z ujęć Karpno i Brzezinka wynosi: średnio 1400 m³/d i maksymalnie 1900 m³/d. Dla oceny możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych należy wziąć pod uwagę średnią wielkość zasobów 1400 m³/d. Jest to wielkość nie wystarczająca do pokrycia obecnego średniego dobowego zapotrzebowania, które jest o ponad 300 m³/d wyższe. Ponowne uruchomienie ujęcia powierzchniowego w 2006 r. po wykonaniu szeregu prac remontowych oraz przywróceniu drożności drenów doprowadzających wodę do studni szybowej, pozwala na zaspokojenie potrzeb na średnim poziomie zapotrzebowania. Dalsza rozbudowa istniejących instalacji zagrażać będzie zasobom wodnym złóż leczniczych. Natomiast dla zaspokojenia obecnego maksymalnego dobowego zapotrzebowania trzeba znaleźć dodatkowe źródło wody w sąsiednich zasobnych zlewniach. Pozostaje jeszcze problem rezerwowych zasobów (ujęcie awaryjne), które powinny być wykorzystane w przypadku wystąpienia awarii ujęć podstawowych. Dla wskazania potencjalnych miejsc lokalizacji nowych ujęć wody lub rozbudowy istniejących wykonano wiosną i jesienią 2005 r. pomiary przepływów w 34 przekrojach hydrometrycznych zlokalizowanych na większych potokach oraz ich dopływach w obrębie gminy Łądek-Zdrój.

Uzyskane wyniki pozwoliły na wstępną ocenę zasobów wód podziemnych na poziomie 1450 m³/d, co stanowi 63% zmierzonego dla tej zlewni odpływu ogólnego (tab. 7.5.8).



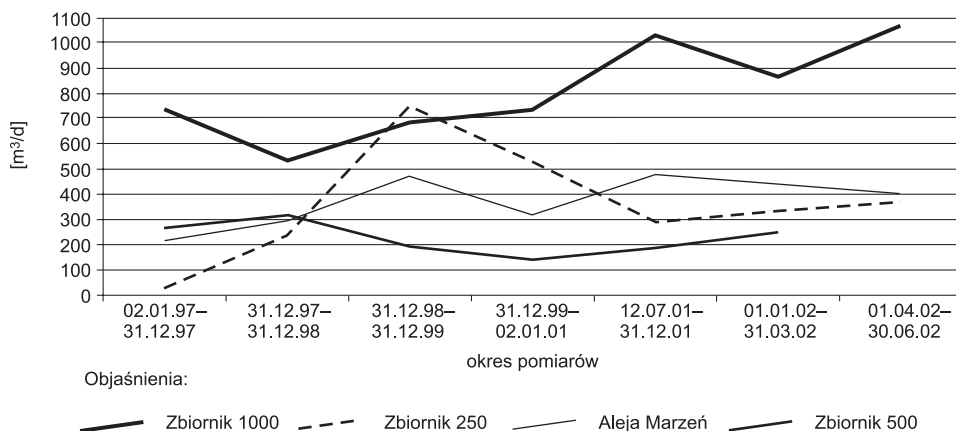
Rys. 7.5.13. Schemat poboru wody dla potrzeb Łądko-Zdroju

Na podstawie tych wydajności (tab. 7.5.8) obliczona wielkość zasobów dla zlewni wynosi 1450 m³/d, z czego 30–50% może zostać wykorzystane do zaopatrzenia Łądku Zdroju. Ocenę zasobów wody w obrębie gminy przeprowadzono m.in. w oparciu o pomiary przepływów na ciekach, a także w oparciu o wzory empiryczne. Do obliczenia zasobów w zlewni potoku Luta wykorzystano też pomiary wydajności źródeł.

Obliczenia Aquatora z 2002 r. przedstawiają stan zasobów eksploatacyjnych ujęć drenażowych Łądku-Zdroju następująco (Kryza i in., 2002a): ujęcie wód podziemnych Brzezinka – $Q_{sr}=400$ m³/d, $Q_{max}=700$ m³/d; ujęcie wód podziemnych Karpno – $Q_{sr}=1000$ m³/d, $Q_{max}=1200$ m³/d; ujęcie wód podziemnych i powierzchniowych Al. Marzeń – $Q_{sr}=720$ m³/d, $Q_{max}=1000$ m³/d; w tym drenażowe ujęcie wody podziemnej – $Q_{sr}=370$ m³/d, $Q_{max}=600$ m³/d; ujęcie wód powierzchniowych – $Q_{sr}=350$ m³/d, $Q_{max}=400$ m³/d. Średnia wydajność eksploatacyjna wynosi łącznie 2120 m³/d, maksymalny pobór może w okresach wzmożonych opadów dochodzić do 2900 m³/d. Autorzy zwracają uwagę, że zasoby odnawialne zlewni nie pozwalają na zwiększenie wydajności ujęć o więcej niż 10–20%. Według oceny Geotagu z 2006 r. zasoby odnawialne zlewni ujęcia drenażowego Łądek-Zdrój o powierzchni 6,33 km² wynoszą 1334,47 m³/d. Zasoby dyspozycyjne równe są 3100 m³/d. Prawie 50% przypada na obszar ujęcia Al. Marzeń. Aktualny pobór stanowi zaledwie 52% zasobów.

Charakterystyka poboru wody i jej jakości

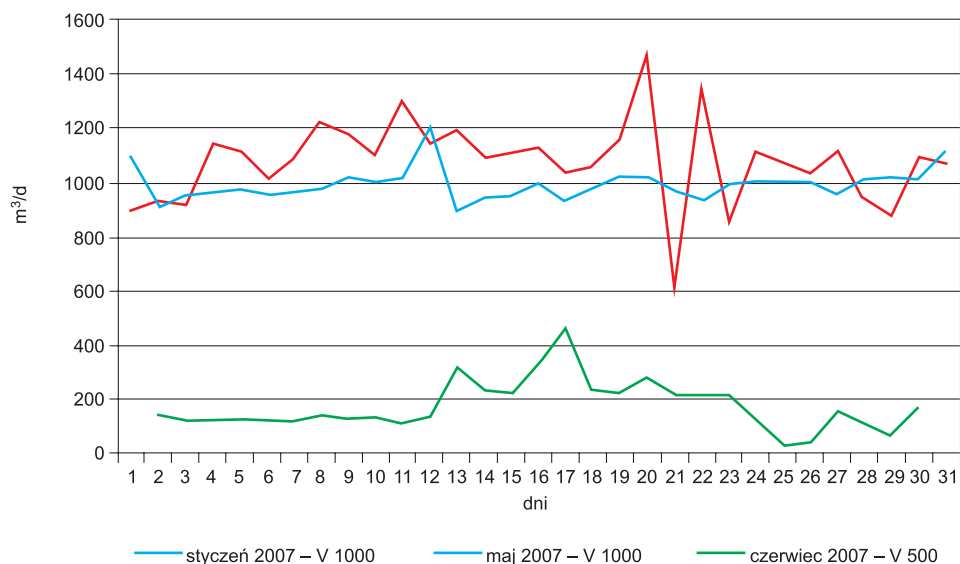
Miasto Łądek-Zdrój zaopatrywane jest w wodę z dwóch źródeł: z ujęć własnych, ujmujących głównie płytkie wody podziemne, oraz z ujęcia wody powierzchniowej rzeki Morawka w gminie Stronie Śląskie. Ujęcia własne wód podziemnych to opisane w rozdz. 4 ujęcia Brzezinka, Al. Marzeń i Karpno bazujące na szeregu studni o głębokości od 1,6 do 7,3 m. Zestawienie okresowej i dobowej produkcji wód własnych ujęć wodociągowych w latach 1997–2002 przedstawiono na rysunku 7.5.14. Pomiary dokonywane były na zbiornikach i przepompowni. Produkcja wody w tym okresie



Rys. 7.5.14. Zmiany wydajności ujęcia drenażowego wody Łądek-Zdrój

wynosiła od 1250 m³/d w roku 1997 do 2106 m³/d w 1999. W roku 2001 zanotowano w stosunku do roku 1999 spadek produkcji średnio o 379 m³ w ciągu doby, przy czym wyższa produkcja była w drugim kwartale (1993 m³/d). W pierwszym kwartale 2002 r. średnia dobową produkcja wody wyniosła 1459 m³. Z uwagi na awarię sieci rur odprowadzających, z eksploatacji wyłączone zostało w tym czasie ujęcie Brzezinka. W drugim kwartale 2002 r. średnia produkcja dobową wzrosła do 1854 m³/d. Najwięcej wody w całym rozpatrywanym okresie dostarczały studnie ujęcia Karpno (854–1219 m³/d), z których woda doprowadzana jest do zbiornika 1000 m³, a jej nadmiar dalej do zbiornika 500 m³. Wieloletnia zmienność oceniona dla okresu 1997–2002 wykazuje dużą amplitudę, np. dla zbiornika 1000 m³ zasilanego z ujęcia Karpno od 500 do blisko 1100 m³/d. Jeszcze większa jest amplituda wydajności dla ujęcia Al. Marzeń oraz zbiornika 250 m³ zasilanego z ujęcia Brzezinka, gdzie wydajność dobową waha się od poniżej 100 do ponad 700 m³ (rys. 7.5.14).

W miarę wyrównany dopływ do zbiornika 500 m³ spowodowany jest przelewaniem się nadmiaru wody ze zbiornika 1000 m³ oraz dostawą wody ze Stronia Śl. Dopływ wody do studni drenażowych uzależniony jest od warunków bieżącego stanu opadów i innych procesów hydrometeorologicznych oraz aktywności transpiracji roślinności determinującej warunki przepływu wód podziemnych w obszarze zasilania oraz w obrębie leja depresji przy eksploatacji ujęcia. Jest to podstawowa przyczyna zmienności wydajności ujęcia. Na rysunku 7.5.15 zilustrowano zmienność poboru wody ujęcia Karpno w trakcie stycznia i maja 2007 r. (zbiornik 1000 m³). Dopływ w zimie jest stabilny, na poziomie około 1000 m³/d. W maju, podczas odwilży i opadów, wzrasta on o 200 do 400 m³/d.



Rys. 7.5.15. Dobowe dopływy wody do zbiornika 1000 m³ z ujęcia Karpno w miesiącu zimowym (średnia 993 m³/d) i letnim (średnia 1079 m³/d) oraz do zbiornika 500 m³ z przelewu zbiornika 1000 m³ i z uzupełnień z ujęcia Stronie Śląskie w miesiącu letnim (średnia 175 m³/d)

Ocena jakości wody opiera się na setkach analiz z ostatnich kilkunastu lat eksploatacji ujęcia. Od 1984 r. można jakość uznać za stabilną. Są to czyste wody zaliczane do wysokich klas jakościowych, które od 2004 r. są zaniżone przy uwzględnianiu suchej pozostałości. Wody te bardzo często są zaliczane do ultraśledkich o ogólnej mineralizacji poniżej 100 mg/l. Okresowo notowano także zbyt niski wskaźnik pH. Skażenie bakteriologiczne pojawia się w nich w trakcie licznych awarii sieci wodociągowej. Woda przekazywana jest odbiorcom bez uzdatniania. W sieci przeważają rurociągi o średnicy 100–150 mm. Jedynie ze zbiorników woda grawitacyjnie spływa rurociągami o średnicy od 200 do 300 mm.

Przedstawienie oddziaływania ujęcia na otoczenie

Przedstawienie oddziaływania ujęcia na otoczenie jest dość kłopotliwe, bo sieć piezometrów wokół ciągów drenażowych powstała tu dopiero w 2006 r. Hydrodynamiczne warunki eksploatacji ujęcia są zależne od wysokich gradientów hydraulicznych (0,098–0,147), bardzo znacznych jak na miąższość warstwy wodonośnej sezonowych zmian zwierciadła wody oraz ograniczonych możliwości wywoływania depresji w studniach. Sezonowe zmiany dochodzą do 4 m, miąższość warstwy liczona do dna studni bardzo rzadko osiąga wartości 6–9 m (rys. 7.5.11). Zasięg depresji rejonowej nie przekracza zapewne kilkudziesięciu metrów, a jej szczegółowy kształt nie jest dotąd znany. Wykonana dla stanu maksymalnego oddziaływania mapa hydroizohips nie pozwala na interpretację charakterystyki dynamicznego zwierciadła wody.

Określenie zmian jakości wód

Na obszarach górskich, do jakich należy zlewnia rzeki Białej Łądeckiej i jej dopływów istnieje naturalna jedność środowiska wodnego, polegająca na szczególnie bliskim związku wód atmosferycznych, powierzchniowych i płytkich wód podziemnych. Stosunkowo krótkie czasy obiegu i drogi migracji wód podziemnych w zlewni oraz częsta wymiana wód podziemnych w warstwie wodonośnej sprawiają, że istnieją niewielkie różnice chemiczne między płytkimi wodami podziemnymi i powierzchniowymi a nawet wodami opadowymi. Ocenę jakości wód podziemnych oparto na analizach archiwalnych pochodzących z lat 1964–1999 zebranych lub wykonanych w trakcie realizowania map hydrogeologicznych 1:50 000, a także na analizach wykonanych w latach 2005–2006 dla prób reprezentujących poszczególne elementy ujęcia Łądek-Zdrój. Płytkie wody podziemne zarówno piętra czwartorzędowego, jak i paleozoiczno-proterozoicznego występujące do głębokości 30 m są ultraśledkie lub słodkie, bo charakteryzują się bardzo niską mineralizacją (najczęściej około 100 mg/l suchej pozostałości), odczynem pH zwykle w przedziale 6–7,5 oraz niskimi koncentracjami pozostałych elementów składu chemicznego. Ich skład chemiczny jest uzależniony od typu litologicznego wódonośa, w którym występują (łupki, gnejsy, wapienie krystaliczne).

Na podstawie badań wykonanych w rejonie Łądko-Zdroju stwierdzono, że wody w gnejsach i łupkach są wodami niskozmineralizowanymi, o suchej pozostałości w granicach od 22 do 172 mg/l. Najwyższą mineralizację odnotowano w wodzie z gnejsów w dolnej partii zlewni w Stójkowie. Sucha pozostałość równa

była 172 mg/l, wapń – 38 mg/l, siarczany – 44 mg/l i chlorki – 14 mg/l. Wody z rumoszków i łupków łyszczykowych okolic Konradowa i Kątów Bystrzyckich należą do najslabiej zmineralizowanych, o suchej pozostałości w granicach 78–85 mg/l.

Wody w źródłach w zlewni potoku Luta cechują się najniższą mineralizacją ze wszystkich obserwowanych, sucha pozostałość zmienia się w granicach 49–61 mg/l, z wyjątkiem źródła w środkowej części wsi Lutynia, gdzie sucha pozostałość wynosiła 133 mg/l. W wodach nie stwierdzono, poza odczynem (pH 5,5–7,1), przekroczenia obowiązujących norm dla wód pitnych. Największą odrębnością charakteryzują się wody krążące w skrasowiakach wapieniach krystalicznych, zdecydowanie wzrasta tu mineralizacja (sucha pozostałość), odczyn wody oraz zawartości wapnia, magnezu, wodorowęglanów, a maleją krzemionka i siarczany. W zakresie poszczególnych elementów (z wyjątkiem odczynu i twardości) wody podziemne na ogół mieszczą się w normach przewidzianych dla wód do spożycia. Wody powierzchniowe zasilane są zarówno przez wody szczelinowe ze skał podłoża, wody z osadów pokrywowych oraz bezpośrednio przez wody opadowe. Skład wód powierzchniowych ulega zmianom dobowym i sezonowym, w zależności od tego, który element ich zasilania przeważa; opady atmosferyczne, taniec pokrywy śnieżnej czy dopływ podziemny. Wody powierzchniowe w potokach na terenie gminy Łądek-Zdrój są wodami słabo zmineralizowanymi (ultrasłódkimi), o suchej pozostałości w granicach od 42 mg/l (Borówkowy Potok) do 70 mg/l (potok Skrzyneczana), bardzo miękkimi (twardość ogólna od 0,5 w Borówkowym Potoku do 1,05 mval/l w potoku Skrzyneczana), o słabo kwaśnym odczynie (pH = 5,5 w potoku w Stójkowie do 6,31 w dopływie Konradki). Odmiernym składem chemicznym charakteryzuje się woda w potoku Luta, jest ona w większym stopniu niż w innych potokach zmineralizowana. Sucha pozostałość wynosi 125 mg/l, pH – 6,78.

Odrębny problem stanowi radon, nie jest on też systematycznie badany. Wyniki analiz wskazują, że występuje on w niewielkich stężeniach w płytkich wodach podziemnych (strefa źródeł potoku Luta i Borówkowego Potoku), gdzie jego stężenie wynosi odpowiednio 53 ± 3 Bq/l i $19,5 \pm 1,5$ Bq/l. W Polsce w chwili obecnej stężenie radonu w wodach przeznaczonych do picia przez ludzi nie jest normowane wprost.

Analiza porównawcza przebiegu eksploatacji ujęcia w odniesieniu do określonych w dokumentacji hydrogeologicznej zasobów i warunków poboru

Na podstawie zachowanych materiałów można odtworzyć pobór wody ujęcia drenazowego w Łądku-Zdroju w kilku przekrojach czasowych związanych z budową nowych elementów ujęcia lub wycofaniem z eksploatacji części studni. Wieloletni, trwający od ponad 100 lat, pobór wody z ujęcia wykazał, że jego zasoby eksploatacyjne ustalone w 2002 r. w ilości maksymalnej 2500 m³/d wód podziemnych oraz 400 m³/d wód powierzchniowych są okresowo nieosiągalne. Maksymalnie pozyskiwano wodę w ilości 2106 m³/d (1999 r.) z tym, że wymagało to dodatkowego przerzutu wody z ujęcia wód powierzchniowych w Stroniu Śląskim. Ograniczenia poboru wody następowały wskutek systematycznego zmniejszania się zapotrzebowania na wodę wodociągu oraz zmian sezonowych potrzeb miasta i uzdrowiska.

Tabela 7.5.10. Podstawowe własności fizyczne, chemiczne i bakteriologiczne wody w rejonie ujęcia drenażowego w Łądku-Zdroju

Parametr	Jednostka	Dopuszczalny zakres wartości	Ujęcie Karpno	Ujęcie Al. Marzeń	Ujęcie Brzezinka
Mętność	NTU	1	4–131	5–58	3–84
Barwa	mg/l	15	9–24	9–33	8–32
Zapach		akceptowalny	z1R	z1R	z1R
Odczyn		6,5–9,5	6,8–7,0	6,8–7,0	6,9–7,0
Przewodność	μS/cm	2500	116–242	118–133	115–141
Sucha pozostałość	mg/l		101–179	94–98	97–98
Siarkowodór	mg/l		nw	nw	nw
Utlenialność	mg/l	5	0,9–2,5	0,82–0,87	1,06–1,14
CO ₂ wolny	mg/l		5,1–35,6	4,9	4,84–6,08
CO ₂ agresywny	mg/l		4,8–31,9	4,7	4,54–4,64
Twardość ogólna	mg/l		57–78	52,5	50,2–52,7
Twardość węglanowa	mg/l		28–47	34,3	32,6–35,5
Twardość niewęglanowa	mg/l		24–31	15,3	14,6–16,2
Amoniak	mg/l	0,5	<0,13–0,21	<0,13	<0,13
Azotyny	mg/l	0,5	<0,02	<0,02	<0,02
Azotany	mg/l	50	0,88–3,97	3,99–4,11	4,21–4,87
Chlorki	mg/l	250	<0,5–5,29	<0,5	<0,5
Chlor wolny	mg/l	0,3	<0,02	<0,02	0,02
Fluorki	mg/l	1,5	<0,1–0,47	<0,1–0,21	0,19–0,39
Fosforany	mg/l		<0,03	<0,03	<0,03
Glin	mg/l	0,2	0,9–1,22	0,08–1,54	0,07
Magnez	mg/l		0,02–3,86	3,42–3,91	3,33–3,4
Mangan	mg/l	0,05	0,02–0,99	0,02–0,07	0,01–0,03
Siarczany	mg/l	250	19,8–43,4	27,3–26,1	15,58–16,36
Wapń	mg/l		18,1–25,3	15,4–18,1	14,58–16,0
Żelazo ogólne	mg/l	0,2	0,14–4,3	0,12–0,79	0,07–0,16
Arsen	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ołów	mg/l	0,025	<0,01	<0,01	<0,01
Kadm	mg/l	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Chrom	mg/l	0,05	<0,005	<0,005	<0,005
Suma WWA	μg/l	0,1	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)piren	μg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Konieczność ograniczenia zasobów eksploatacyjnych wynikała także z potrzeby zapewnienia ciągłości przepływu Potoku Grodzkiego. Skalę rozbieżności prognoz zasobowych obrazuje różnica pomiędzy zasobami eksploatacyjnymi ujęcia ustalonymi w 2002 r. w ilości 2500 m³/d a ich późniejszym obliczeniem przez Geotag

w 2006 r. w ilości poniżej 2000 m³/d. Różnica świadczy, że potwierdzone wieloletnią eksploatacją rzeczywiste zasoby ujęcia są niemal o ponad 30% mniejsze od ich wcześniejszej prognozy.

Krytyczna ocena zastosowanych metod obliczeń i prognoz zasobowych

Opisana powyżej rozbieżność wcześniejszych prognoz zasobowych z rzeczywistymi warunkami hydrodynamicznymi w rejonie ujęcia w Łądku-Zdroju wynika bezpośrednio z metod zastosowanych do obliczenia jego zasobów eksploatacyjnych. Do 1985 r. zasoby eksploatacyjne ustalano wyłącznie w oparciu o wyniki użytkowania grup studni bez potwierdzania proponowanych zasobów próbami bilansowania dopływów zmierzonych w obszarze spływu wody do drenaży. W ocenach zasobowych nie brano pod uwagę nierównomiernego zasilania, skromnych rozmiarów zasobów statycznych warstwy zawodnionej i ograniczonych możliwości tworzenia depresji w tej warstwie. W bilansach nie uwzględniano potrzeby zachowania przepływu nienaruszalnego cieków płynących przez obszar ochrony złóż wód mineralnych oraz teren obecności ścieków bytowych w sąsiedztwie willowej zabudowy Łądku-Zdroju. Powstało nawet przekonanie o nieprzydatności ujęcia do zaopatrzenia w wodę miasta i uzdrowiska. Kiedy z uzasadnionych przyczyn reaktywowano system drenażowy podjęto próbę ponownej oceny zasobów opartą na szczegółowych badaniach hydrogeologicznych rejonu Łądku-Zdroju (Kryza i in., 2002a, 2005; Geotag, 2006). Szczegółowe rozpoznanie warstw wodonośnych oraz wstępne oszacowanie bilansu wodnego obszaru daje podstawy do organizacji wieloletniego monitoringu wód zwykłych w rejonie miasta i uzdrowiska, na bazie których zostanie sprecyzowana zasobność stref uprzywilejowanego zawodnienia i warunki dla optymalnego poboru wód gruntowych systemem drenaży. Podstawą oceny powinien być szczegółowy bilans obiegu wody w zlewni. Zarówno ilość studni i drenów, jak i potencjalnie możliwa depresja nie są czynnikami pierwszoplanowymi w generowaniu procesów wzrostu zasobów eksploatacyjnych ujęć drenażowych. Większe możliwości stwarza rozbudowa ciągów drenażowych w sąsied-

Tabela 7.5.11. Zmiany składu chemicznego wód ujęcia Karpno w latach 1984–2001 w zbiorniku 1000 m³

Oznaczenie	Rok opróbowania					
	1984	1992–95	1995	1997	1999	2001
pH	7,4	–	7,3	6,56	7,32	7,6
Cl [mg/l]	6,4	3,0–7,1	3,0	7,1	5,04	4,61
NO ₂ [mg/l]	nw	0–0,003	0,003	0,003	nw	0,003
NO ₃ [mg/l]	11,29	6,02–11,06	11,06	6,02	8,5	9,39
Amoniak [mgNH ₄ /l]	Nw	0,025–0,07	0,025	0,05	0,025	0,026
Mn [mg/l]	0,02	–	nw	nw	nw	0,05
Fe og. [mg/l]	0,03	0–0,04	nw	nw	nw	0,04

Tabela 7.5.12. Produkcja wody i pozwolenie wodnoprawne ujęcia drenażowego w Łądku-Zdroju (w m³/d)

Rok	Ujęcie Brzezinka Zbiornik 250 m ³ Studnie 1–8	Ujęcie Karpno Zbiornik 1000 m ³ Studnie 9–25	Ujęcie Al. Marzeń Zbiornik 500 m ³ przelewem z 1000 m ³ Studnia szybowa i wody powierzchniowe	Łącznie ujęcie drenażowe Łądek-Zdrój
1895/96	St.8	St. 19 i 20	–	350
1909	St. 1–7 400	St. 16–18 200	–	600
1925	St. 8, 1–7 480	St. 19 i 20, 6–18, 9–11 623	–	1103
1935	–	–	–	1200
1997	213	735	303	1251
1998	297	537	558	1393
1999	474	684	948	2106
2000	319	736	672	1727
2001	482	1031	480	1993
2005	800	690	0	1490
2006	800	800	0	1600
2007		1198		
Pozwolenie wodnoprawne	450	razem	1900	

nich perspektywicznych zlewniach oraz zwiększenie o 1–2 m głębokości drenażu w strefach perspektywicznych i w dolnych partiach zlewni.

Stuletnia historia ujęcia nie jest obecnie znana wystarczająco, zwłaszcza dla okresu przed rokiem 1945. Po II wojnie światowej ujęcie eksploatowano z różnymi problemami technicznymi oraz w zmieniającej się strategii zaopatrzenia Łądko-Zdroju w wody komunalne. Jego aktualne zasoby eksploatacyjne ustalono przez analizę powojennego użytkowania kilku odrębnych elementów ujęcia znajdujących się w sąsiadujących zlewniach bilansowych. Pomimo wielu prac wiertniczych i badań nie przygotowano dla obecnej fazy rozpoznania dostatecznych informacji dla oceny zasobów eksploatacyjnych w świetle przyszłego zapotrzebowania miasta i uzdrowiska na wody pitne. Analiza rozpoznania okolic Łądko-Zdroju i terenu istniejącego ujęcia drenażowego wskazuje raczej na potrzebę rozbudowy ujęcia o nowe elementy wokół miasta.

Literatura

- Aquator, 2002. Wniosek o ustanowienie stref ochronnych ujęć wody w Łądku Zdroju. Ujęcia: „Aleja Marzeń”, „Brzezinka”, „Karpno”. Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Borowiec K., 2009. Jakość wód powierzchniowych w rejonie Łądko Zdroju. Pr. mag. Arch. ING Uniw. Wroc., Wrocław.
- BPBK, 1964. Projekt techniczny I i II strefy ochrony sanitarnej ujęć wodociągowych w Łądku Zdroju. Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego, Wrocław. Opracowanie archiwalne.

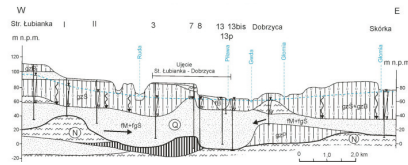
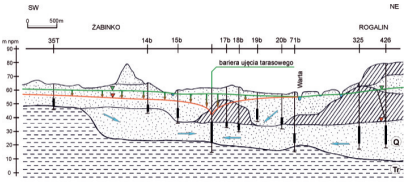
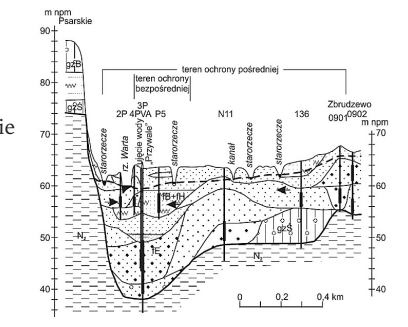
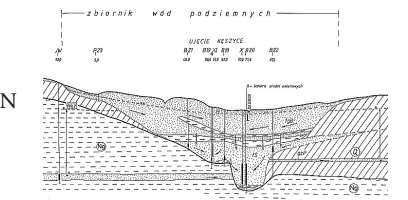
- BP Balneoprojekt, 1967. Dokumentacja hydrogeologiczna złożeń wód leczniczych Łądku Zdroju. Warszawa. Opracowanie archiwalne.
- Ciężkowski W., 1981. Pionowa strefowość hydrochemiczna w obrębie gnejsów metamorfiku Łądku i Śnieżnika. *Przeg. Geol.* 9. Warszawa.
- Ciężkowski W., 1990. Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów polskich. *Pr. Nauk. Inst. Geotechn. Polit. Wr.* 60, seria Monografie, 19.
- GEOTAG Sp.z o.o., 2006. Dokumentacja hydrogeologiczna z wykonania 45 piezometrów dla potrzeb rozbudowy i modernizacji lokalnych ujęć wody w Łądku Zdroju oraz ustalenia zasobów wodnych. Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Gierwielaniec J., 1968. Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów. Skala 1:25 000, arkusz Łądek Zdrój. Wyd. Geol., Warszawa.
- Gierwielaniec J., 1971. Szkic hydrogeologiczny okolic Łądku Zdroju. Opracowanie archiwalne.
- Kryza H., 1988. Formowanie się odpływu podziemnego w zlewniach górskich masywu Śnieżnika. *Acta Univer. Wratisl.* 964, *Prace Geolog.-Mineral.*, XII/2.
- Kryza H., Kryza J., 2010. Zaopatrzenie w wodę miasta i gminy Łądek Zdrój. Sesja Naukowa 40-lecie Hydrogeologii w Uniwersytecie Wrocławskim. Przewodnik Terenowy. Łądek Zdrój.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2002a. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęć wody w Łądku Zdroju. *Aquator Sp. z o.o.*, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2002b. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej w celu ustanowienia strefy ochronnej ujęć wodociągowych w Łądku Zdroju. *Aquator Sp. z o.o.*, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Kryza J., Kryza H., Kleśta W., 2005. Koncepcja budowy nowych ujęć wody dla miasta i gminy Łądek Zdrój w oparciu o zasoby wód podziemnych i powierzchniowych. *Aquator Sp. z o.o.*, Wrocław. Opracowanie archiwalne.
- Leśniak B., 2000. Operat wodnoprawny na ujęcie wody „Brzezinka” dla wodociągu miasta Łądek Zdrój. Projekt., Nadzór, Kosztor. Ząbkowice Śląskie. Opracowanie archiwalne.
- Leśniak B., 2001. Operat wodnoprawny na ujęcie wody powierzchniowej z potoku Przyrywa oraz wody drenażowej i infiltracyjnej z ujęcia „Aleja Marzeń” dla wodociągu miasta Łądek Zdrój. Ząbkowice Śląskie. Opracowanie archiwalne.
- Łambucki R., 2004. Zarys gospodarki wodno-kanalizacyjnej w gminie Łądek-Zdrój. Materiał poglądowy przygotowany na Sesję Rady Miasta w Łądku-Zdroju. Łądek-Zdrój. Opracowanie archiwalne.
- Łambucki R., 2007. Opisowe sprawozdanie z działalności ZBK w Łądku-Zdroju za rok 2006. ZGK, Łądek Zdrój. Opracowanie archiwalne.
- Mroczkowska B., 2000. Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Złoty Stok. PIG, Warszawa.
- Opinia w sprawie możliwości poboru wody z odwiertu L-1 w Łądku-Zdroju dla celów komunalnych, 1980. Opracowanie archiwalne.

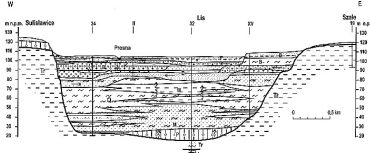
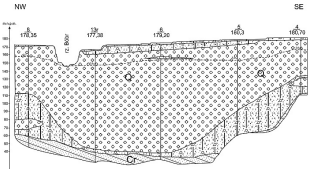
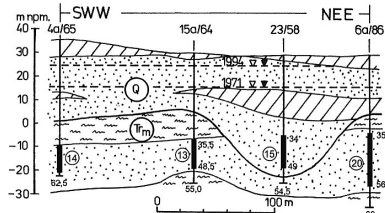
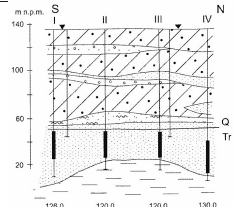
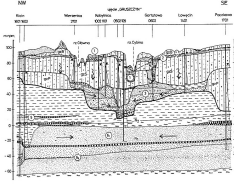
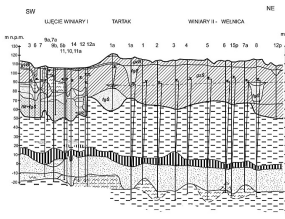
8. OCENA TRAFNOŚCI PROGNOZ ZASOBOWYCH ANALIZOWANYCH UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH

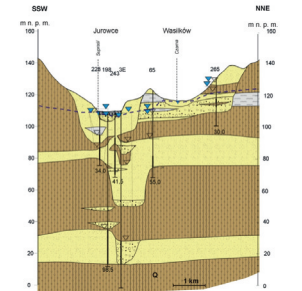
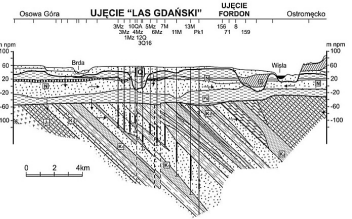
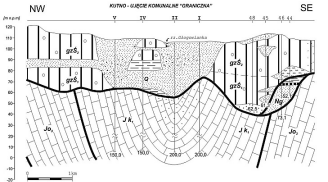
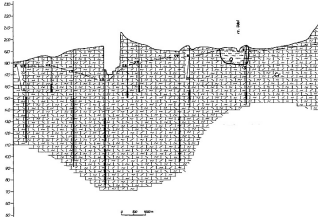
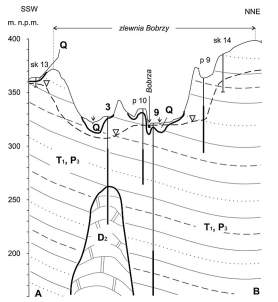
Ocena trafności prognoz zasobowych dla przedstawionych w studium 20 ujęć stanowiła podstawowe zadanie dla niniejszego opracowania. W podrozdziałach studium dotyczących poszczególnych ujęć wód podziemnych zawarte zostały opisy oraz oceny wiarygodności (trafności) przeprowadzonych prognoz ilościowych (wielkość zasobów, depresja rejonowa i studzienna, obszar zasobowy) oraz ilościowych w odniesieniu do jakości wody surowej. W niektórych przypadkach miało miejsce dochodzenie do urealnienia pierwotnych prognoz w toku kolejnych badań prowadzonych już na etapach rozwoju eksploatacji ujęć, w trakcie ich rozbudowy czy też w procesie badawczym zmierzającym do ustalenia terenu ochrony pośredniej danego ujęcia (lata 90. XX w. oraz początek XXI w.). Każdy z przedstawionych przykładów ujęć zawiera materiały badawcze wskazujące na potrzebę i zakres prowadzonych uściśleń pierwotnych prognoz, szczególnie z lat 60. i 70. ubiegłego wieku. Przykłady podane w studium mogą posłużyć Czytelnikowi jako swoiste wzorce do przeprowadzenia porównań podobnych do nich ujęć funkcjonujących w Polsce poprzez zastosowania metodologii analogii hydrogeologicznej. Dotyczy to zarówno odniesienia do typu systemu wodonośnego, jak i rodzaju i wielkości ujęcia wód podziemnych. W niniejszym rozdziale przedstawiono ocenę trafności prognoz w sposób syntetyczny w układzie tabeli z odniesieniem ilościowym (zasoby eksploatacyjne) i jakościowym (trafność przewidzenia zmian podstawowych parametrów fizyczno-chemicznych). Za opisami przykładów przywołano w tabeli 8.1: schemat hydrogeologiczny ujęcia (przekrój), wiek, litologię warstw wodonośnych, ich charakterystykę hydrodynamiczną oraz metodę i rok określenia prognozy. W przedstawieniu oceny w układzie zbiorczym statystycznym występują określone trudności, gdyż w okresie funkcjonowania ujęcia, jak już wzmiankowano, rzadko wykonywano jedną prognozę, na ogół było ich więcej i to zarówno w aspekcie ilościowym, jak i jakościowym w nawiązaniu do wyników obserwacji eksploatacji ujęcia, nowych metod badań i obowiązujących w danym czasie przepisów prawnych. W początkowym okresie dokumentowania zasobów nie prowadzono prognoz w zakresie jakościowym, lecz jedynie stwierdzano ich stan w odniesieniu do obowiązujących wówczas przepisów. W tabeli 8.2 przedstawiono ocenę trafności prognoz dla ujęć na podstawie aktualnych dla nich ustaleń zasobowych i w nawiązaniu do typów zbiorników wód podziemnych, a także metod prognozowania. Ogółem ocena dotyczy 20 ujęć.

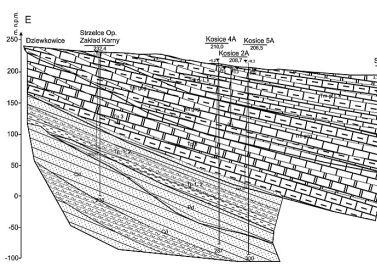
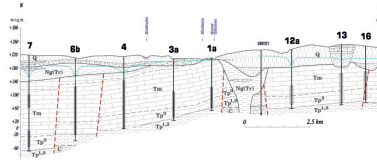
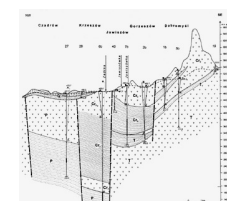
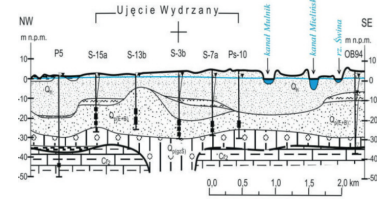
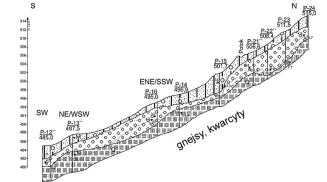
Każdy z autorów przykładów przedstawił własną ocenę procesu dokumentacyjnego danego ujęcia oraz uzyskiwanych wyników w toku jego eksploatacji. W więk-

Tabela 8.1. Ocena trafności prognoz zasobowych analizowanych ujęć wód podziemnych

Nazwa ujęcia miejscowość właściciel/ użytkownik nr podrozdziału	Schemat modelu hydrogeologicznego rejonu ujęcia	Wiek typ warstwy litologia symbol struktury*	Zasoby: Q [m^3/h] depresje – s_i i s_s [m] powierzchn. F [km^2]	Metoda ustalenia rok	Jakość wody pierwotna: sucha poz. Fe, Mn, SO_4 , Cl i spec. [mg/l]	Pobór wody: Q_{dr} i Q_{max} z lat Q [m^3/h] s [m]	Jakość wody aktualna: sucha poz. (Sp) Fe, Mn, SO_4 , Cl i spec. [mg/l]	Pobór zasoby %	Trafność prognozy: ilościowej jakościowej
Stara Łubianka– Dobrzyca m. Piła Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Pile Sp. z o.o. 6.2.2		Q naporowo-swobodna piaski różnoziarniste, piaski ze żwirem PDR	$Q = 1260$ $s_i = 1,79-5,45$ $s_s = 2,73-7,54$ $F = 40,0$	modelowanie matematyczne na podstawie rozpoznania pomiarów i próbnymi pompowaniami poziomu 1985 r.	Sp: 90–300 Fe: 0,2–4,2 Mn: do 0,2 Cl: 4,0–11,0 SO_4 : 4,0–35,0	$Q_{dr} = 504$ $s = 3,0-9,2$ z lat 2005–2010 $Q_{max} = 574$ w 2006 r.	Sp: 270–320 Fe: 0,7–5,9 Mn: 0,05–1,2 Cl: 4,3–7,8 SO_4 : 1,0–36,0	40% max 46%	trafna w zakresie wydatku, nietrafna w zakresie oceny depresji rejonowej i studziennej – depresje eksploatacyjne w studniach są większe o ok. 30–50% nietrafna w zakresie zawartości maksymalnej dla związków żelaza i manganu – są wyższe, trafna w pozostałych
Mosina–Krajkowo Aquanet S.A. w Poznaniu 6.2.4		Q swobodno-naporowa piaski różnoziarniste, piaski ze żwirem, żwiry PDR	$Q = 7416,7$ $s_i = 2,0-9,0$ w tym: ujęcie tarasowe: $Q = 3666,7$ $s_i = 3,5-9,0$ brzegowe: $Q = 2708,3$ $s_i = 2,0$ $F = 90,0$	pompowanie zespolowe, modelowanie analogowe, analiza eksploatacji ujęcia 1977 r.	Sp: 300 pradolina Fe: 0,3–10,0 Mn: 0,1–0,7 Cl: 10–20 SO_4 : 30–100 WDK Fe: 0,3–4,0 Mn: 0,13–0,35 Cl: 10–20 SO_4 : 30–100	$Q_{dr} = 2500$ – budowa nowej SUW $Q_{max} = 5895$ z 1992 r. $s_{max} = 4,8-14,2$ $F = 148,0$	TNZ Fe: 2,5–11,0 SO_4 : 100–400 Cl: 40–90 Tw_o : 7,8–16 mval/l TZ Fe: 0,71 SO_4 : 80 Cl: 41 Tw_o : 5,4 mval/l	max 79,5% (TNZ) 100% (TZ)	nietrafna w stanach ekstremalnych, dla lat suchych w zakresie ilościowym i lat mokrych – jakościowym dla ujęcia na tarasie nadmorskim (TNZ) trafna w zakresie ilościowym i jakościowym dla ujęcia brzegowego (TZ)
Przywale Śrem Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Śremie Sp. z o.o. 6.2.5		Q swobodna piaski różnoziarniste i żwiry PDR	$Q = 577,0$ $s_e = 3,7$ $Q = 577,0$ $s_i = 0,5-2,4$ $s_s = 3,0-4,5$ $F = 4,29$	analityczna: próbnymi pompowaniami indyw. Dupuit, Leibenzon 1966 r. modelowanie matematyczne, analiza eksploatacji ujęcia 2005 r.	Sp: 300–450 Fe: 2,1–4,0 Mn: 0,5–0,8 Cl: 32–65 SO_4 : 60–65	$Q_{dr} = 200$ $s_i = 1,0-1,2$ $s_s = 2,8-3,2$ z lat 1995–2010 $Q_{max} = 339$ z 1992 r.	Sp: 360–480 Fe: 1,1–16,5 Mn: 0,7–2,0 Cl: 38–80 SO_4 : 52–75 NH_4 : 0,5–1,3	35% max 59%	brak możliwości porównania ze stanem 1966 r. wg prognozy 2005 r. – dobra w zakresie ilości i jakości
Wtorek–Trąba–Kęszyce m. Ostrów Wlkp. Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji WODKAN S.A. Ostrów Wlkp. 6.3.2		Q swobodna i swobodno-naporowa piaski różnoziarniste, piaski ze żwirem PDR	$Q = 1360$ $s_i = 3,4-7,9$ $F = 60,0$	modelowanie matematyczne, analiza eksploatacji ujęcia 1976 i 1992 r.	Sp: – Fe: 1,0–9,2 Mn: 0,23–1,2 Cl: 21,2–61,7 SO_4 : 88,2–156,4	$Q_{dr} = 430$ $s = 2,5-3,0$ z lat 2002–2010 $Q_{max} = 670-750$ w latach 1987–1993	Sp: – Fe: 1,4–18,0 Mn: 0,2–0,8 Cl: 18,0–26,0 SO_4 : 40,0–150,0	32% max 56%	trafne są oceny zasobowe i ilościowe z lat 1976–1992 dobra ilościowa słaba jakościowa

Nazwa ujęcia miejscowość właściciel/ użytkownik nr podrozdziału	Schemat modelu hydrogeologicznego rejonu ujęcia	Wiek typ warstwy litologia symbol struktury*	Zasoby: Q [m³/h] depresje – s _r i s _s [m] powierzch. F [km²]	Metoda ustalenia rok	Jakość wody pierwotna: sucha poz. Fe, Mn, SO ₄ , Cl i spec. [mg/l]	Pobór wody: Q _{dr} i Q _{max} z lat Q [m³/h] s [m]	Jakość wody aktualna: sucha poz. (Sp) Fe, Mn, SO ₄ , Cl i spec. [mg/l]	Pobór zasoby %	Trafność prognozy: ilościowej jakościowej
Kalisz–Lis Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. Kalisz 6.3.3		Q naporowa, lokalnie swobodna piaski różnoziarniste i żwiry PDR	Q = 1770 s _r = 1,7–3,5 F _{I+II} = 14,0 w tym Q _{FI} = 736 Q _{FII} = 1030	próbne pompowanie zespołowe, modelowanie analogowe i matematyczne 1972 i 1979 r.	Sp: 189–349 Fe: 0,3–3,6 Mn: 0,1–0,4 Cl: 5,0–22,0 SO ₄ : 8,0–41,0 NH ₄ : 0,02–1,2 NO ₃ : ~0,44	Q _{dr} = 470 z lat 1980–2010 Q _{max} = 766 w 1989 r.	Sp: – Fe: 0,01–15,6 Mn: 0,05–4,8 Cl: 15,0–53,0 SO ₄ : 44,0–112,0 NH ₄ : 0,0–2,1 NO ₃ : 0,0–22,7	26% max 44%	wg badań modelowych z 1979 r. dobra nietrafna dla wielkości przyrostu Fe i Mn, ogólnie Cl i NH ₄ oraz zróżnicowania w barierze dla Fe i Mn
Rakowice Rakowice i Bożejewice m. Bolesławiec PWik w Bolesławcu Sp. z o.o. 6.4.1		Q swobodna żwiry PDR	Q = 1175,0 s _r = 1,3	pompowanie zespołowe 1988 r.	Sp: 110–220 Fe: 0,05–0,51 Mn: 0,034 Cl: 15,7 SO ₄ : 24–48	Q _{dr} = 251 z lat 2007–2010 Q _{max} = 297 z 2009 r.	Sp: 100–230 Fe: 0,02–8,0 Mn: 0,0–0,25 Cl: 10–24 SO ₄ : 24–77	21% max 25,3%	dobra w zakresie ilościowym i jakościowym
Koszalin–Rzeczna Miejskie Wodociągi i Kanalizacji Sp. z o.o. w Koszalinie 6.1.2		Q/N, plejstocen, miocen swobodno-naporowa piaski różnoziarniste, piaski ze żwirem PWW	Q = 800,0 s _r = 17,0	pompowanie zespołowe, analogowe badania modelowe, prognoza wg wzoru Theisa porównawcza 1967 r.	Fe: 0,3–2,0 Cl: 16,0–44,0 NH ₄ : 0,01–0,06	Q _{dr} = 400 z lat 1998–2010 Q _{max} = 778 z 1983 r.	Fe: 0,7–2,2 Cl: 16,0–53,0 NH ₄ : 0,19–0,85	50% max 97%	dobra w zakresie ilościowym prognozy jakościowej nie sporządzono w 1967 r.
Bugno m. Szczecinek Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Szczecinku 6.2.1		Q/Tr, plejstocen–miocen piaski różnoziarniste PWW	Q = 1100 s _r = 9 s _s = 15–23	pompowanie zespołowe, prognoza wg wzorów filtracji nieustalonej Theisa	Sp: 265–285 Fe: 1,2 Mn: 0,26 Cl: 22,0 SO ₄ : 6,2–10,7	Q _{dr} = 235 w 2009 r. Q _{max} = 471 w 1992 r.	Fe: 1,2 Mn: 0,25 Cl: 3,74 SO ₄ : <0,1	21% max 43%	dobra w zakresie ilościowym i jakościowym
Gruszczyn m. Poznań Aquanet S.A. w Poznaniu 6.2.3		Q naporowa piaski różnoziarniste, piaski ze żwirem PWW	Q = 500 s _r = 8,9 F = 51,6	modelowanie matematyczne w odniesieniu do regionu i analiza eksploatacji ujęcia 2005 r.	Sp: 270–520 Fe: 1,0–3,4 Mn: 0,1–0,17 Cl: 4,0–9,0 SO ₄ : 1,0–35,0	Q _{dr} = 290 z lat 2005–2009 Q _{max} = 439 w 1991 r.	Sp: 270–370 Fe: 1,0–2,3 Mn: 0,0–0,15 Cl: 5,0–24,0 SO ₄ : 13,0–38,0	58% max 88%	trafna prognoza pod względem ilościowym i jakościowym wg stanu systemu na 1976 r.
Winiary II m. Gniezno Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gnieźnie 6.2.6		N, miocen naporowa piaski drobne PWW	Q = 280 s _r = 26,2 s _s = 35,2–38,2 F = 153,3	modelowanie matematyczne rejonu Gniezna i analiza eksploatacji ujęć 2003 r.	Sp: <540 Fe: 0,1–0,2 Mn: 0,2–0,3 Cl: 2,0–9,0 SO ₄ : 1,0–5,0	Q _{dr} = 120 z lat 2000–2010 Q _{max} = 280 w 1991 r.	Sp: ~500 Fe: 0,1–0,3 Mn: 0,2–0,3 Cl: 2,0–9,0 SO ₄ : 1,0–5,0	43% max 100%	prognoza w zakresie ilości zasobów trafna, natomiast nietrafna z uwagi na zmiany zalegania zwierciadła wód wynikłe z regionalnego stanu systemu (aktualnie są niższe depresje) prognoza trafna w zakresie jakościowym

Nazwa ujęcia miejscowość właściciel/ użytkownik nr podrozdziału	Schemat modelu hydrogeologicznego rejonu ujęcia	Wiek typ warstwy litologia symbol struktury*	Zasoby: Q [m ³ /h] depresje – s _r i s _s [m] powierzchn. F [km ²]	Metoda ustalenia rok	Jakość wody pierwotna: sucha poz. Fe, Mn, SO ₄ , Cl i spec. [mg/l]	Pobór wody: Q _{dr} i Q _{max} z lat Q [m ³ /h] s [m]	Jakość wody aktualna: sucha poz. (Sp) Fe, Mn, SO ₄ , Cl i spec. [mg/l]	Pobór zasoby %	Trafność prognozy: ilościowej jakościowej
Jurowce m. Białystok Wodociągi Białostockie Sp. z o.o. w Białymstoku 6.3.1		Q 2 warstwy: I swobodno-naporowa II naporowa piaski różnoziarniste, piaski ze żwirem PWW	Q _i =1400 s=0,8–3,7 Q _{ii} =360 s=1,9–2,5 Łącznie: 1760,0 F=66,0	modelowanie matematyczne, analiza eksploatacji z wielolecia 1965–1973 1994 r.	Sp: <500 Fe: 0,4–1,1 Mn: 0,5–0,24	Q _{dr} = 730 z lat 2001–2009 Q _{max} = 1250 – 1400 w latach 1988–1993	Sp: <510 Fe: 0,4 – 2,2 Mn: 0,05 – 0,31	41,5% max 79,5%	dobra ilościowa słaba jakościowa
Las Gdański m. Bydgoszcz Miejskie Wodociągi i Kanalizacja w Bydgoszczy sp. z o.o. 6.5.1		Cr _i naporowa piaski średnio- i drobnoziarniste PSzP	Q = 1550 s _r =24,3–31,8 s _s =32,5–51,3 F = 810,0	analiza regionalna eksploatacji i badania modelowe rejonu Bydgoszczy 1999 r.	Sp: 600–900 Fe: 0,2–2,2 Mn: 0,0–0,01 Cl: 6,0–60,0 SO ₄ : 48,0–151,0	Q _{dr} = 960 z lat 2000–2010 Q _{max} = 1319 w 2004 r.	Sp: 600–790 Fe: 0,1–1,3 Mn: 0,0–0,27 Cl: 9,0–64,0 SO ₄ : 31,0–125,0	35,0–83,0% max 62%	prognoza z 1999 r. trafna w zakresie ilościowym i jakościowym przy odniesieniu do zmian eksploatacji w tym okresie dobra
Graniczna m. Kutno Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o. o. w Kutnie 7.1.1		J ₃ naporowa wapienie poszczeliniowe PSzP	Q = 1020 s _r = 7,5 F = 86,0	próbné pompowania, prognoza analityczna wg schematu Muskata 1974 r.	Sp: 410–416 Fe: 1,5–1,7 Mn: 0,06–0,2 Cl: 12,0–14,0 SO ₄ : 5,0–17,0	Q _{dr} = 350–400 s = 2,0 z lat 2000–2010 Q _{max} = 670 w latach 1980–1984	Sp: 400–640 Fe: 6,0–7,1 Mn: 0,3–0,5 Cl: 13,0–45,0 SO ₄ : 9,0–199,0	34% max 66%	trafna ilościowa nietrafna jakościowa
Borek (Strupin) m. Chełm Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Chełmie 7.2.1		Cr swobodne lokalnie napięte margle, kreda piszcząca PSzP	Q = 720 s _s = 36,5	próbné pompowanie indywidualne i zespołowe, obliczenia analityczne Dupuit, Kusakin 1969 r.	Sp: 210–415 Fe: 0,4–3,0 Mn: 0,0–0,04 Cl: 1,0–23,0 SO ₄ : 1,5–9,0 NH ₄ : 0,04–0,44 NO ₃ : 0,1–2,5	Q _{dr} = 146 s _s =23–36 S _i =11 z lat 1973–1990 Q _{max} = 391 w 1977 r.	Sp: 200–560 Fe: 0,3–1,2 Mn: – Cl: – SO ₄ : 2,0–8,0 NO ₃ : 0,0–0,3	20% max 55%	nietrafna, metodyka zbyt uboga – analityczna dobra jakościowa
Zagnańsk Międzygminny Związek Wodociągów i Kanalizacji w Kielcach 7.3.1		T ₁ , P ₃ , D ₂ swobodna piaskowce, dolomity PSzP	Q=2500 zmniejszone do Q = 630	pompowania indywidualne otworów, analiza hydrogeologiczna 1968 r. analiza eksploatacji, bilans wodny zlewni, modelowanie matematyczne 2009 r.	podobna do aktualnej, stwierdzono brak zmian w parametrach fizyko- chemicznych i bakterio- logicznych	Q _{dr} = 362,5 z lat 1973–2009 Q _{max} = 961,9 w 1988 r.	Sp: 103–874 Fe: 0,042 Mn: 0,008 Cl: 16,0 SO ₄ : 51,0 NO ₃ : 17,0	57,5% max 152,7%	prognoza z 1968 r. nietrafna w zakresie ilościowym – wydatek 4 razy mniejszy, depresje studienne większe od 4,9 do 20,3 m dobra jakościowa

Nazwa ujęcia miejscowość właściciel/ użytkownik nr podrozdziału	Schemat modelu hydrogeologicznego rejonu ujęcia	Wiek typ warstwy litologia symbol struktury*	Zasoby: Q [m³/h] depresje – s _r i s _i [m] powierzch. F [km²]	Metoda ustalenia rok	Jakość wody pierwotna: sucha poz. Fe, Mn, SO ₄ , Cl i spec. [mg/l]	Pobór wody: Q _{dr} i Q _{max} z lat Q [m³/h] s [m]	Jakość wody aktualna: sucha poz. (Sp) Fe, Mn, SO ₄ , Cl i spec. [mg/l]	Pobór zasoby %	Trafność prognozy: ilościowej jakościowej
Kosice Nowa Wieś Strzelecka Wodociągi Strzeleckie i Kanalizacja Sp. z o.o. w Strzelcach Opolskich 7.4.1		T ₂ , T ₁ , P, C ₃ poziom górny: swobodny lub naporowy, poziom dolny: naporowy piaskowce, wapienie, margle, dolomity MSzP	poziom górny: T ₂ : Q = 470 s _r = 5,0 1990 poziom dolny: T ₁ , P, C: Q = 85,0 s _r = 14–24 2003 r.	pompowanie indywidualne st. 1a, 2a, 3a Qe – 99% max wydatku studni 1973 r. st. 4a, 5a Qe – 86% max wydatku studni 2003 r.	poziom górny 1973: Sp: 220–320 SO ₄ : 2,9–189 NO ₃ : 17,2–25,8 poziom dolny 2003: Sp: 160–200 Fe: 0,3–0,4 Mn: ~0,24 SO ₄ : 17,0–38,7 NH ₄ : 0,0–0,04 NO ₃ : 0,61–8,28	Q _{dr} = 170 z lat 1970–2010 poziom górny: s _s = 1–2 s _r = <2 poziom dolny: s _s = 24–34 s _r = 30 Q _{max} = 210 2008	poziom górny: Sp: 468–1720 Fe: <0,06 Mn: <0,04 SO ₄ : 220–550 NH ₄ : 0,02–0,03 NO ₃ : 1,0–58 poziom dolny: Sp: 190–1200 Fe: 0,18 Mn: 0,009 SO ₄ : 30–540 NH ₄ : 0,02–0,03 NO ₃ : śl.–4,5	30% max 38%	dobra dla dotychczasowego wydatku ujęcia brak stabilności parametrów fizykochemicznych nietrafna
Gliwice-Łabędy m. Gliwice Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Gliwicach 7.4.2		Tm, Tp ₃ naporowo-swobodna wapienie, dolomity MSzP	Q = 1500 F = 132,0	analiza eksploatacji ujęcia i modelowanie matematyczne 2008 r.	Sp: 60–2942 Fe: 0–6,25 Mn: 0–4,0 SO ₄ : 0–1249 Cl: 1,9–1122 NH ₄ : 0,0–3,5 NO ₃ : 0,0–0,36	Q _{dr} = 1200 2008 Q _{max} = 2617 1985	Sp: 365–2759 Fe: 0–2,62 Mn: 0–0,62 SO ₄ : 22–398 Cl: 4,6–1102 NH ₄ : 0,02–7,95 NO ₃ : śl.–31,01	80,0% max 174%	aktualna prognoza zasobowa jest wiarygodna, wcześniej wykonane prognozy – nietrafne, zawyżały wielkość zasobów oraz były błędne w zakresie jakościowym z uwagi na brak analizy zanieczyszczenia antropogenicznego i geogenicznego
Gorzeszów Wałbrzyskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. 7.5.1		Cr ₂ , T, P naporowa, szczelinowo-porowa piaskowce, zlepiące MSzP	Q = 600 s _r = 9,0–60,0	próbné pompowania, badania modelowe 1983 r.	Sp: 202–258 SO ₄ : 18,0–69,0 NH ₄ : 0,0–0,01 NO ₃ : 0,4–4,4 Cl: 8,9–13,0	Q _{dr} = 260 z 2010 r. Q _{max} = 470 w 1995 r.	Sp: 202–258 Cl: 8,9–13,0 SO ₄ : 35,0 NH ₄ : 0,0–0,16 NO ₃ : 13,5	43% max 78%	nietrafna w zakresie ilości – nie uwzględniono wówczas przepływu nienaruszalnego cieków dobra jakościowa
Wydrzany m. Świnoujście ZWiK Sp. z o.o. 6.1.1		Q swobodna, lokalnie naporowa piaski różnoziarniste i żwiry PAZ	Q = 300 s _r = 1,0–1,5	próbné pompowanie indywidualne, eksploatacja próbną, modelowanie matematyczne 1982 r.	Fe: 0,0–2,3 Mn: 0,0–0,5 Cl: 12,0–26,0 NH ₄ : 0,04–0,6	Q _{dr} = 244 z lat 1984–2009 s _r = 0,5 Q _{max} = 422 w 1984 r.	Fe: 0,91–2,6 Mn: 0,32–0,76 Cl: 23,0–847,0 NH ₄ : 1,05–2,38	81% max 140%	słaba w zakresie oceny wydatku studni nietrafna w zakresie Cl
Łądek-Zdrój Zakład Gospodarki Komunalnej w Łądku-Zdroju 7.5.2		Q/proterozoik swobodna żwiry, zwietrzelnina gnejsowa PAZ	Q _{dr} = 2120 m³/d Q _{max} = 2900 m³/d z 3 ujęć podziemnych i powierzchnio- wych	analiza eksploatacji ujęć z lat 1977–2002 i przepływów cieków, obliczenia analityczne 2002 r.	Sp: 22–172 Fe: 0,03–4,3 Mn: 0,02–0,1 Cl: 14 SO ₄ : 44	Q _{dr} = 540–1070 m³/d z lat 1997–2002 Q _{max} = 2106 m³/d w 1999 r.	Sp: 9,4–17,9 Fe: 0,04–0,34 Mn: 0,01–0,99 Cl: <0,5–5,3 SO ₄ : 15,6–43,4	25,5% max 50,5%	dobra względem oceny z 2002 r. w zakresie ilości i jakości

*typ struktury hydrogeologicznej: PDR – porowa doliny rzecznej, PPW – porowa warstwy wgłębnej, MSzP – masywy skał szczelinowo-porowych, PAZ – pokrywy aluwialne i zwietrzelinowe.

Tabela 8.2. Ocena trafności prognoz zasobowych w odniesieniu do opisanych ujęć

Trafność prognozy (aktualne ustalenia)	Prognozy (liczba ujęć)	
	ilościowa	jakościowa
Dobra	12	10
Słaba	4	4
Zła (nietrafiona)	4	5
Brak	–	1
Ogółem	20	20

szości przypadków ocena trafności prognozy ilościowej opierała się na proporcji uzyskanych wyników eksploatacji w odniesieniu do prognozowanych zasobów, bowiem tylko nieliczne ujęcia zbliżyły się swoim poborem do wielkości przyjętych zasobów wód podziemnych.

Uwzględniano w tej ocenie również zjawisko zmniejszania się lub zwiększania potrzeb wodnych w danej jednostce hydrogeologicznej wynikających ze zmian gospodarczych zachodzących w jej obszarze. W ocenie elementów prognozy hydrodynamicznej, a więc spodziewanej wydajności i spodziewanej depresji rejonowej przyjęto zasadę ich wzajemnej proporcjonalności.

W przypadku ujęć, które nie osiągnęły wielkości wydatku zbliżonego do zaświadczonych zasobów, przyjmowano jako miarę poprawności prognozy utrzymywanie się wielkości odpowiednio proporcjonalnych. Gdy proporcje te zostały zachowane uznawano, że prognozę należy zaliczyć do dobrych.

Za prognozę złą uznano tu rodzaj oceny, który nie przewidywał trafnie oczekiwanych wielkości obu opisanych kryteriów (wydajności i depresji rejonowej).

Za prognozy słabe uznano te, które spełniły oczekiwania pod kątem jednego ze składników oceny lub gdy rozbieżności wynikały ze stopnia dokładności przyjętej metodologii obliczeń.

Przy ocenie poprawności prognozy jakości wód podziemnych dla ujęć należy mieć świadomość, że w starszych dokumentacjach, do początku lat 80. XX w., nie zamieszczano prognoz zmian jakości wód podziemnych, a jedynie podawano stwierdzenie ich stanu hydrochemicznego (przepisy nie uznawały jej potrzeby).

Za realne uważano prognozy jakości formułowane od czasu zastosowania modelowania matematycznego do bilansowania składników zasilania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych przy postawionych wymogach prawnych oraz od czasu opracowania naukowego warsztatu metod przeprowadzania tych prognoz.

Za dobre uznano te przykłady prognoz, które nie odbiegały w sposób zasadniczy od składu fizyczno-chemicznego wód z okresu ich dokumentowania.

Jako złe oceniono te prognozy, w których nie przewidziano natężenia zmian stężeń składników chemicznych, co wynikać mogło z braku analiz przemian hydrogeochemicznych lub występowania ich w stopniu złożoności trudnym do przewidzenia przy braku odpowiednich badań w tym zakresie.

Za prognozy słabe uznano te, które określiły wielkość spodziewanych zmian, lecz ich stopień rzeczywisty był większy od przewidywanego.

Natomiast w odniesieniu do zbiorników, w których zlokalizowane są te ujęcia, trafność prognoz przedstawiono w tabeli 8.3.

Tabela 8.3. Ocena trafności prognoz zasobowych w odniesieniu do typów zbiorników wód podziemnych

Trafność prognozy (aktualne ustalenia)	Prognozy (liczba ujęć)	
	ilościowa	jakościowa
I. Ujęcia w dolinach rzecznych (6)		
Dobra	4	2
Słaba	2	3
Zła (nietrafiona)	–	1
II. Ujęcia porowych wód wgłębnych (5)		
Dobra	4	3
Słaba	1	1
Zła (nietrafiona)	–	–
Brak	–	1
III. Ujęcia w masywach skał szczelinowo-porowych (7)		
Dobra	3	4
Słaba	–	–
Zła (nietrafiona)	4	3
IV. Ujęcia pokryw aluwialnych i zwietrzelinowych (2)		
Dobra	1	1
Słaba	1	1
Zła (nietrafiona)	–	–

Nietrafności ocen wielkości zasobów dla dwóch ujęć: Zagnańsk i Borek – Strupin związane były z oceną wielkości ich zasobów metodami analitycznymi stosowanymi w latach 60. XX w. przy braku dłuższych pompowań hydrowęzłowych i zespółowych. Natomiast nietrafne prognozy pod względem jakościowym dotyczą ujęć założonych w masywach skał porowo-szczelinowych: Graniczna dla miasta Kutna i Kosice dla Strzelec Opolskich. Zagrożenia dla jakości czerpanych wód są związane z jednej strony z zanieczyszczeniem antropogenicznym wód w tych zbiornikach, z drugiej zaś strony z przemianami hydrochemicznymi wywołanymi eksploatacją – obniżeniem zwierciadła wód oraz z ascensją wód zmineralizowanych z podłoża.

Trafność prognozy określonej jako słaba w 50% dotyczy ujęć w dolinach rzecznych. Wynika ona głównie z trudności w ocenie przemian hydrochemicznych wywołanych eksploatacją oraz stanów ekstremalnych wód zależnych od warunków hydrometeorologicznych, co dokumentują dobrze 2 przykłady ujęć: Mosina–Krajkowo i Wtórek–Trąba–Kęszyce.

Problematyka trafności oceny zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w dolinach rzecznych jest ściśle powiązana z charakterem danego ujęcia oraz miejscem jego lokalizacji w dolinie. Infiltracyjne ujęcia brzegowe na ogół spełniają

oczekiwane prognozy ilościowe w przypadku ich usytuowania przy korycie dużej rzeki (Krajkowo wzdłuż Warty). Natomiast prognoza jakościowa jest zależna nie tyle od środowiska hydrogeochemicznego, ile od spodziewanej jakości wody rzecznej; w tym zakresie nastąpiła w Polsce (np. Warta) znaczna poprawa. Dużo gorzej przedstawia się sprawa, gdy udział składnika z infiltracji brzegowej jest nieznaczny (rzeka mała o skolmatowanym korycie, zanieczyszczona – Ołobok w Ostrowie Wielkopolskim) albo gdy ze względów lokalizacyjnych musi wzrosnąć odległość od koryta dużej rzeki (Mosina–Krajkowo, bariera na tarasie nadzalewowym w odległości od 400 do 1000 m od koryta Warty). Te sytuacje powodują powstawanie głębokich i rozległych lejów depresji o potęgowanym jeszcze rozwoju w okresie kilkuletnich susz. Wówczas, wraz ze zmianą reżimu zasilania w postaci pojawienia się gwałtownych i długotrwałych wezbrań, ma miejsce w nadmiernie rozwiniętym leju depresji magazynowanie dodatkowych zasobów wód podziemnych (wzbudzonych), które prowadzi do zatopienia dużej części strefy aeracji i szeregu przemian hydrochemicznych skutkujących znacznym wzrostem stężeń siarczanów, żelaza oraz twardości wody.

Trafność prognozy ilościowej jest związana z wydatkiem ujęcia, depresją w studniach i depresją rejonową. Trafność oceny ilościowej dotyczy zwykle wielkości wydatku ujęcia i jest wyraźnie większa w zakresie depresji rejonowej niż studziennej. Z reguły prognozowane depresje studzienne były nietrafne, gdyż nie przewidywano kolmatacji studni w czasie długotrwałej eksploatacji. Natomiast depresja rejonowa była prognozowana na określony stan systemu. Tymczasem eksploatacja w hydrogeologicznym czasie w odniesieniu do wnioskowanej wysokości zasobów eksploatacyjnych mogła ulegać zmianom losowym. Za takie można uznać zmiany w poziomie dolnokredowym ujęcia Las Gdański w Bydgoszczy czy w zbiorniku mioceńskim rejonu Gnieszna wywołane zmniejszoną eksploatacją od 1992/93 r. w wyniku przeobrażeń gospodarczych w Polsce.

Prognozy zasobowe tylko dla części ujęć zostały sprawdzone eksploatacją w wielkości prognozowanego wydatku. Do tych ujęć należą (w nawiasach podano stosunek maksymalnego wydatku do wielkości zasobów – %): Mosina–Krajkowo (79,5% dla ujęcia na tarasie nadzalewowym – TNZ, 100% dla ujęcia brzegowego – TZ), Jurowce (79,5%), Gruszczyn (88%), Winiary II (100%), Graniczna (66%), Zagnańsk (152,7%), Gliwice–Łabędy (174%), Las Gdański (62%).

Aktualnie dla większości ujęć średni wydatek zawiera się w przedziale 20–60% wielkości zasobów. W tym względzie wiarygodność prognozy oceniono poprzez wielkość obserwowanego obniżenia depresyjnego, ustalenie proporcji w zakresie wielkości zasobów – wydatku i odpowiednio depresji.

W kwestii metod obliczeniowych bezsprzecznie wiarygodnością odznaczają się metody modelowania matematycznego, stosowane od końca lat 60. XX w. Są one niezawodne dla oceny systemów złożonych, o wielu granicach zasilania i (lub) drenażu, w tym w szczególności w przypadku występowania poziomów wód gruntowych mających związki z wodami powierzchniowymi. Prognozy dla prostych układów warstw naporowych w regionalnych zbiornikach wód podziemnych mogą być wiarygodne przy zastosowaniu schematów analitycznych – z uwzględnieniem obliczeń według wzorów filtracji nieustalonej (wzory Theisa i Hantusha).

9. PODSTAWOWE PROBLEMY DOKUMENTOWANIA ZASOBÓW EKSPLOATACYJNYCH UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH W ŚWIETLE PRZEDSTAWIONYCH PROGNOZ OBLICZENIOWYCH

Ogólne zasady związane z określaniem zasobów eksploatacyjnych zwykłych wód podziemnych są sformułowane w stosownym poradniku metodycznym z 2004 r. (Dąbrowski i in., 2004). W realizowanym opracowaniu odniesiono się więc tylko do problematyki ustalania zasobów eksploatacyjnych dużych ujęć wód podziemnych, których waga poprzez wielkość poboru jest istotna dla zbiornika wód podziemnych, w którym jest ono zlokalizowane, i dla środowiska przyrodniczego mogącego być pod wpływem jego oddziaływania. W tym względzie ocena zasobów dużego ujęcia ma zawsze charakter optymalizacji wielokryterialnej. W tym celu należy w I etapie badań określić:

- model hydrogeologiczny (konceptyjny) zbiornika i jego kontakty z otoczeniem, a głównie z powierzchnią terenu, wodami powierzchniowymi,
- stan hydrodynamiczny i jego zmiany pod wpływem warunków hydrometeorologicznych i wód powierzchniowych,
- jakość wód podziemnych i procesy, które mogą wywoływać jej zmiany podczas eksploatacji,
- elementy chronionego środowiska, zabytki i infrastrukturę, które mogą być pod wpływem jego eksploatacji,
- stan wód powierzchniowych będących w więzi hydraulicznej z wodami podziemnymi.

W przypadku rozbudowy istniejącego ujęcia lub korekty jego zasobów należy przeprowadzić analizę eksploatacji ujęcia w zakresie ilościowym i jakościowym, bazując na danych monitoringu osłonowego ujęcia oraz innych danych historycznych z przebiegu eksploatacji.

W etapie II należy przyjąć schematy obliczeniowe i określić metodykę obliczeń wielkości wydajności ujęcia i depresji oraz sporządzić bilans jego zasilania, ustalić obszar zasobowy w nawiązaniu do istniejących ograniczeń hydrogeologicznych, środowiskowych i innych. Ważną rzeczą jest uwzględnienie w jak największym zakresie wyników rozpoznania bezpośrednimi badaniami w terenie.

Z ocen trafności prognoz modelowych wynika, że dla oszacowania zasobów dużych ujęć wód podziemnych należy preferować metody modelowania matematycz-

nego. Praktycznie przy dostępności programów obliczeniowych wszystkie prognozy dla ujęć winny być realizowane na modelach matematycznych. Modele te pozwalają na:

- zróżnicowanie rozmieszczenia poboru wody przez studnie, bariery,
- obliczenie bilansu krążenia wód umożliwiające ocenę wielkość dopływu z różnych źródeł zasilania,
- wybór stopnia dokładności odwzorowania siatki hydrodynamicznej przepływu wód dla ujętego poziomu wodonośnego, która umożliwi określenie obszaru spływu wody do ujęcia i jego obszaru zasobowego,
- ustalenie wpływu ujęcia na elementy środowiska, w tym zależnego od wód podziemnych,
- ocenę wpływu ujęcia na sąsiednie ujęcia poprzez oszacowanie wielkości zdepresjonowania,
- wykonanie wiarygodnej prognozy zmian jakości wód przy różnych składnikach bilansu zasilania, w tym możliwości zaistnienia przemian hydrochemicznych w warstwie eksploatowanej i zasilających.

Dla ujęć zakładanych w poziomach wód gruntowych, a więc zależnych od wód powierzchniowych, należy przeprowadzić prognozy eksploatacji w stanach ekstremalnych (niski, wysoki), które istotnie wpływają na wielkość poboru wody i jakość wód ujęcia.

W systemach wodonośnych o słabej odnawialności wód podziemnych (typ niecki neogeńsko-paleogeńskiej) oddziaływanie dużych ujęć ma charakter wielkoobszarowy. Stąd modele matematyczne tych ujęć muszą być modelami regionalnymi.

10. LITERATURA ŹRÓDŁOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

- Auer A., 1975. Modelowanie analogowe procesów o stałych rozłożonych. PWN, Warszawa.
- Bear J., 1972. Dynamics of fluids in porous media. American Elsevier, New York.
- Bear J., Zaslavski D., Irmay S., 1971. Physical Principles of Water Percolation and Seepage. Unesco, 1968. Translated into Russian.
- Bedient P.B., Hanadi S.R., Newell Ch.J., 1994. Ground water contamination. Transport and remediation. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Białostocki R., 1974. Wytyczne do stosowania metod geofizycznych w badaniach hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich. Wyd. Geolog., Warszawa.
- Bieniewski J., Jarodzki L., 1975. Określenie zasięgu leja depresji metodą modelowania. Górnictwo Odkrywkowe, 4–5.
- Bieniewski J., 1968. Opracowanie prognoz hydrogeologicznych procesów poboru wód podziemnych za pomocą analogów elektrycznych. Węgiel Brunatny, 4.
- Bindemann N.N., Jazwin L.S., 1970. Ocena eksploatacyjnych zasobów podziemnych wód. Nedra, Moskwa.
- Błaszyk T., Byczyński H., 1986. Wody podziemne. Zagrożenie i ochrona. Wyd. IKS, Warszawa.
- Błaszyk T., Górski J., 1978. Zmiany jakości wód podziemnych w warunkach intensywnej eksploatacji. Wyd. Akc., Warszawa.
- Błaszyk T., Górski J., 1979. Dokumentowanie i prognozowanie zmian jakości wody na ujęciach zagrożonych przeobrażeniem środowisk hydrogeochemicznych. Wyd. Geol., Warszawa.
- Boulton N.S., 1954. The drawdown of the water-table under non-steady conditions near a pumped well in unconfined formation. Proc. Inst. Civil. Eng., 3, 564–579.
- Boulton N.S., 1963. Analysis of data from non-equilibrium pumping test allowing for delayed yield from storage. Proc. Inst. Civil. Eng., 26, 469–482.
- Brylska E., Dąbrowski S., Pleczyński J., Przybyłek J., Szczepański A., Śmietański Z. (red.), 1972. Modelowanie filtracji wód podziemnych w rejonach ujęć wodnych. Wyd. Geol., Warszawa.
- Castany G., 1972. Poszukiwanie i eksploatacja wód podziemnych. Tłum. z francuskiego. Wyd. Geol., Warszawa.
- Castany G., 1982. Hydrogeologie. Principes et methodes. Dunod, Paris.
- Czarnecka H. (red.), 2005. Atlas podziału hydrograficznego Polski w skali 1:200 000. IMGW, Warszawa.
- Darcy H., 1856. Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Victor Dalmont, Paris. Tłum. z jęz. franc.: Publiczne źródła wodociągowe miasta Dijon, red. M. Marciniak. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 2006.
- Dąbrowski S., 1978. Ocena zastosowania modelowania matematycznego do prognozowania zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych. [W:] Rozpoznawanie wód podziemnych dla potrzeb gospodarki narodowej. Wyd. Geol., Warszawa.
- Dąbrowski S., 1989. Krok siatki i prognozy w modelowaniu infiltracji do ujęć brzegowych. Politechnika Krakowska. Monografia, 80. Matematyczne modelowanie ujęć wody podziemnej. Kraków.

- Dąbrowski S., 1990. Hydrogeologia i warunki ochrony wód podziemnych wielkopolskiej doliny kopalnej. SGGW AR, Warszawa, t. 65.
- Dąbrowski S., Górski J., Kapuściński J., Przybyłek J., Szczepański A., 2004. Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Borgis Wydawnictwo Medyczne, Warszawa.
- Dąbrowski J., Mysiak M., 1973. Ustalanie dopuszczalnych prędkości wlotowych miarodajnych do obliczania dopuszczalnych wydajności studni wierconych. Prace Naukowe Instytutu Inż. Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, 17. Studia i Materiały, 15. Wrocław.
- Dąbrowski, Kapuściński J., Nowicki, Przybyłek J., Szczepański A., 2011. Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Poradnik metodyczny. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Dąbrowski S., Przybyłek J., 1980. Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Dąbrowski S., Przybyłek J., 2005. Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Dąbrowski S., Rynarzewski W., Pawlak A., Hercka A., Janiszewska B., 2006. Identyfikacja modelowa zmienności zasilania ujęcia wody podziemnej Zduny dla m. Krotoszyna w czasie jego 50-letniej eksploatacji. [W:] Modelowanie przepływu wód podziemnych. Geologos, 10.
- Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red.), 2002. Słownik hydrogeologiczny. PiG, Warszawa.
- Dupuit J., 1863. Etudes theoretiques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux decouverts et a travers les terrains permeables. Dunod, Paris.
- Elbanowska H., Zerbe J., Górski J., Siepak J., 2001. Fizyczno-chemiczne badania gruntów na potrzeby hydrogeologiczne. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Emsellem Y., 1975. Budowa modeli matematycznych w hydrogeologii. Zjedn. Przeds. Hydrogeol., PH w Poznaniu, Poznań (tłum. z francuskiego).
- Felkel B., Kasztelan D., 2006. Przegląd wykorzystania metod modelowania numerycznego do badań hydrogeologicznych w Polsce. [W:] Modelowanie przepływu wód podziemnych. Geologos 10.
- Forchheimer P., 1930. Hydraulic. 3 Aufgabe, Leipzig–Berlin.
- Gabryszewski T., 1983. Wodociągi. Wyd. Arkady. Warszawa.
- Gabryszewski T., Wieczysty A., 1985. Ujęcia wód podziemnych. Wyd. Arkady, Warszawa.
- Gawriłko W.M., 1964. Filtry studzien ujęciowych, odwodnieniowych i hydrogeologicznych. Wyd. Geol., Warszawa.
- Górski J., 1989. Chemizm wód podziemnych utworów kenozoiku Środkowej Wielkopolski. Zeszyty Nauk. AGH. Kraków.
- Górski J., 2001. Propozycja oceny antropogenicznego zanieczyszczenia wód podziemnych na podstawie wybranych wskaźników hydrochemicznych. Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. X, s. 309–313.
- Górski J., Przybyłek J., 1995. Problematyka stref ochronnych infiltracyjnych ujęć wody w dolinach rzecznych. Mat. Symp. „Strefy ochronne ujęć i głównych zbiorników wód podziemnych”. Wyd. NOT, Częstochowa, s. 69–79.
- Górski J., Przybyłek J., 1998. Wpływ czynników klimatycznych na warunki eksploatacji i jakość wód ujęć infiltracyjnych. Mat. III Międzynarodowej Konf. „Municipal and rural water supply and water quality”. PZITS, Poznań, s. 91–109.
- Górski J., Marciniak M., Przybyłek J., 2007. Zakres i metodyka prac i badań hydrogeologicznych. Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. XIII, s. 49–70.

- Gurwin J., Szczepiński J., Wąsik M., 1994. Opis programu MODFLOW wykorzystywanego w regionalnych badaniach hydrogeologicznych. [W:] Bilansowanie zasobów w dorzeczu Odry. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu 248, 125–134.
- Gurwin J., 2010. Ocena odnawialności struktur wodonośnych bloku przedsudeckiego. Integracja danych monitoringowych i GIS/RS z numerycznymi modelami filtracji. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Hantush M.S., Jacob C.E., 1955. Non steady radial flow in an infinite leaky aquifer. *Am. Geophys. Union Trans.*, 36, 95–100.
- Herbich P., 1995. Eksploatacyjne zmiany oporów dopływu do studzien ujmujących porowato-szczelinowe utwory węglanowe kredy lubelskiej i miechowskiej. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. VII, cz. 2, s. 275–282.
- Jacob C.E., 1950. *Engineering Hydraulics (Flow of groundwater)*. Rouse, John Wiley & Sons, New York.
- Jarodzki L. (red. – praca zbiorowa), 1971–1977. *Zasady obliczeń hydrogeologicznych ujęć wód podziemnych*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Zeszyt 1: Wieczysty A., Flisowski J., 1971. Wytyczne obliczeń statycznych i dynamicznych zasobów wód podziemnych. *Zasady obliczeń hydrogeologicznych ujęć wód podziemnych*.
- Zeszyt 2: Wieczysty A., Flisowski J., 1971. Wytyczne obliczeń wydatku pojedynczych ujęć wód podziemnych.
- Zeszyt 3: Dąbrowski J., Mysiak M., 1971. Wytyczne obliczeń dopuszczalnych prędkości wlotowych wody do studni.
- Zeszyt 4: Jarodzki L., 1972. Wytyczne obliczeń współczynnika filtracji na podstawie polowych metod badań hydrogeologicznych.
- Zeszyt 5: Flisowski J., Wieczysty A., 1977. Wytyczne obliczania wydatku zespołowych ujęć wód podziemnych.
- Zeszyt 6: Kozerski B., 1977. Wytyczne określenia współczynnika filtracji metodami pośrednimi i laboratoryjnymi.
- Jokiel P., 1994. Zasoby, odnawialność i odpływ wód podziemnych strefy aktywnej wymiany w Polsce. *Acta Geographica Lodziensia* 66–67. Łódzkie Tow. Nauk., Łódź.
- Kapuściński J., 1989. Rola wyznaczania oporów hydraulicznych studni w prognozie zasobowej rejonów intensywnej eksploatacji na przykładzie modelu wykonanego dla Łomży. Materiały sympozjum Politechniki Krakowskiej pt. „Matematyczne modelowanie ujęć wody podziemnej”, Kraków.
- Kazimierski B., Sadurski A. (red.), 1999. *Monitoring osłonowy ujęć wód podziemnych – metody badań*. PiG, Warszawa.
- Kleczkowski A.S. (red.), 1984. *Ochrona wód podziemnych*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Kleczkowski A.S., 1988. Regionalizacja słodkich wód podziemnych Polski w zmodyfikowanym ujęciu. [W:] Aktualne problemy hydrogeologii. Tom IV, cz. III. 1 – 6. Wyd. Instytutu Morskiego, Gdańsk.
- Kleczkowski A.S. (red.), 1990. Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. AGH, Kraków.
- Kleczkowski A.S. (red.), 1991. *Ochrona wód podziemnych w Polsce. Stan i kierunki badań*. Publ. CPBP 04.10.SGGW-AR, Warszawa.
- Kłyza T., Przybyłek J., 1968. Przykłady zastosowania wzorów równowagi nieustalanej do prognozowania eksploatacji ujęć wód podziemnych. II Konf. Nauk.-Techn. „Hydrogeologia i geologia inżynierska”. Gdańsk, 1968. Wyd. Geol., Warszawa.
- Kondracki J., 2000. *Geografia regionalna Polski*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kostrzewa H., 1977. Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. *IMGW Mat. Bad. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*, Warszawa.
- Kordas B., 1971. Matematyczne modelowanie ruchu wód gruntowych. *Przegl. Geofiz.*, 1–2.

- Kowalczyk A., 2003. Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji. Wydaw. UŚ, Katowice.
- Kozłowski J., Safader L., 1966. Zagadnienie stosowania wzorów dla określania parametrów hydrogeologicznych w warunkach nieustalanej filtracji. Techn. Poszukiwań, 19.
- Krogulec E., 2004. Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie w dolinie rzecznej na podstawie przesłanej hydrodynamicznych. Wyd. UW, Warszawa.
- Kubisz E., Ratajczak W., 1972. Przyczyny i wielkość zanieczyszczenia komunalnego ujęcia wód podziemnych w dolinie Odry. Przegl. Inform. IGK Wodociągi i Kanalizacja, 5.
- Kulma R., 1995. Podstawy obliczeń filtracji wód podziemnych. Wyd. AGH, Kraków.
- Kulma R., Zdechlik R., 2009. Modelowanie procesów filtracji. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Macioszczyk A., 1987. Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa.
- Macioszczyk A. (red.), 2006. Podstawy hydrogeologii stosowanej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002. Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Macioszczyk T., 1969. Obliczenia hydrogeologiczne ujęć wód podziemnych. Wydawnictwo Prasa ZSL, Warszawa.
- Macioszczyk T., 1973. Metody modelowe w badaniach bilansów wód podziemnych i dokumentowaniu ich zasobów. Przegl. Geol., 10, 55–58.
- Macioszczyk T., 1973a. Aktualne problemy badawcze wód podziemnych występujących w skałach szczelinowych. Pr. Hydr. Inst. Geol. 4.
- Macioszczyk T., 1974. Zmienność parametrów nieliniowej filtracji wód podziemnych. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, t. 15.
- Macioszczyk T., 1999. Matematyczne podstawy opisu ruchu i migracji wód podziemnych dla modelowania i sterowania ich zasobami. Biuletyn PIG, Hydrogeologia, 388, 157–178.
- Macioszczyk T., Kazimierski B., 1990. Zasady budowy modeli systemów hydrogeologicznych dla oceny zasobów dyspozycyjnych i symulacji regionalnego ich zagospodarowania. Wyd. SGGW AR, Warszawa.
- Macioszczyk T., Rodzoch A., Frączek E., 1993. Projektowanie stref ochronnych źródeł i ujęć wód podziemnych MOŚZNiL, Warszawa.
- Macioszczyk T., Szestakow W.M., 1983. Dynamika wód podziemnych. Wyd. Geol., Warszawa.
- Makowski Z., 1975. O rozwiązywaniu zagadnień filtracji na integratorze pola AP-600. Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, seria Budownictwo Wodne i Inżynieria Sanitarna, 22.
- Małecki J.J., 1998. Rola strefy aeracji w kształtowaniu składu chemicznego płytkich wód podziemnych wybranych środowisk hydrogeochemicznych. Biuletyn PIG. Warszawa.
- Małecki J., Nawalany M., Witczak S., Gruszczyński T., 2006. Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska. Poradnik metodyczny. Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- Marciniak M., 1999. Identyfikacja parametrów hydrogeologicznych na podstawie skokowej zmiany potencjału hydraulicznego – metoda Paramex. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Marciniak M., 2002. Metoda oceny stanu technicznego piezometrów na potrzeby monitoringu wód podziemnych. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Marciniak M., Przybyłek J., Herzig J., Szczepańska J., 1999. Badania współczynnika filtracji utworów półprzepuszczalnych. Wydawnictwo Sorus s.c., Poznań.
- Marszałek H., 2007. Kształtowanie zasobów wód podziemnych w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.

- McDonald M.G., Harbaugh A.W., 1988. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model. U.S. Geological Survey Open-File Report, Washington.
- Nawalany M., 1984. Wody podziemne w ujęciu teorii systemów dynamicznych. *Prace Naukowe, Budownictwo*, 86.
- Nawalany M., 1999. Zagadnienia skali w hydrogeologii. *Biuletyn PIG. Hydrogeologia*, 388, 179–190.
- Nawalany M., Przybyłek J., Staško S., 2010. Groundwater and mass transport modelling for documentation and protection of groundwater resources. *Przegl. Geol.*, 58, 9/1, 816–824.
- Nawalany M., 2008. Modelowanie transportu substancji podlegających procesowi fizyko-chemicznemu i reakcjom chemicznym w strumieniu wód podziemnych. *Biuletyn PIG*, 431. Warszawa.
- Niedzielski H., 1972. Z doświadczeń nad określaniem parametrów hydrogeologicznych metodą ruchu nieustalonego. *Techn. Poszukiwań*, 40.
- Nielubowicz B., 1969. Metody określania przepływu wód gruntowych poprzez półprzepuszczalne warstwy rozgraniczające horyzonty wodonośne. *Odwodnienie Kopalń i Geotechnika*, 2.
- Okrasa T., Jagodziński A., 1978. Wykorzystanie i praktyczne wdrożenie do badań hydrogeologicznych wyników kartowania geofizycznego (geoelektrycznego). [W:] *Rozpoznawanie wód podziemnych dla potrzeb gospodarki narodowej*. Wyd. Geolog., Warszawa.
- Ozga-Zielińska M., Brzeziński J., 1997. *Hydrologia stosowana*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Paczyński B. (red.), *Atlas hydrogeologiczny Polski zwykłych wód podziemnych w skali 1:500 000*, cz. I – 1993, cz. II – 1995.
- Paczyński B., Macioszczyk T., Kazimierski B., Mitręga J., Kozerski B., Szczepański A., 1996. Ustalanie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. *Poradnik metodyczny*. MOŚZNiL, Komisja Dokumentacji Hydrogeologicznych, Warszawa.
- Paczyński B., Sadurski A. (red.), 2007. *Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie*. PIG, Warszawa.
- Pazdro Z., 1977. *Hydrogeologia ogólna*. Wyd. II. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Pazdro Z., 1983. *Hydrogeologia ogólna*. Wyd. III. Wyd. Geol., Warszawa.
- Pazdro Z., Kozerski B., 1990. *Hydrogeologia ogólna*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Piekarek-Jankowska H., 1994. Zatoka Pucka jako obszar drenażu wód podziemnych. *Wyd. UG, Gdańsk*.
- Piwecki T., 1975. Numeryczne modelowanie ruchu wód gruntowych. *Materiały III Konferencji „Współczesne Problemy Hydrologii”*, Jabłonna.
- Pleczyński J., 1981. *Odnawialność zasobów wód podziemnych*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Pleczyński J., Przybyłek J., 1973. Doświadczenia z dokumentowania infiltracyjnych ujęć wody dla potrzeb komunalnych. *Zeszyty Nauk. Polit. Krakowskiej*, 20, 61–79.
- Pleczyński J., Przybyłek J., 1974. *Problematyka dokumentowania zasobów wód podziemnych w dolinach rzecznych*. Wyd. Geol., Warszawa.
- Plotnikov N.I., 1975. *Ekspluatacyjna razwedka podziemnych wod.* Izd. Nedra, Moskva.
- Podnieśński A., 1963. Analiza metod hydromechanicznych wyznaczania granicznych parametrów w zastosowaniu do studni zupełnych i grobli ziemnych. *Prace Instytutu Gospodarki Wodnej*, 1, 3, 11–65.
- Polska Norma „Studnie wiercone, zasady projektowania, wykonania i odbioru”. *Polski Komitet Normalizacyjny* (22 grudnia 1994 r.).
- Przybyłek J., 1986. Zmiany stosunków wodnych na obszarach lejów depresyjnych ujęć. *Mat. Konf. Nauk. „Hydrologia regionalna i procesy hydrologiczne w zlewniach”*. Wyd. Naukowe UAM, Poznań, s. 161–166.
- Przybyłek J., 1998. Zasoby i ujęcia wód podziemnych. *Przegląd Komunalny* 10, 6–10.

- Przybyłek J., Brylska E., Dąbrowski S., 1971. Zasady obliczeń filtracji nieustalanej według wzorów Theisa i Hantusha. Wyd. Geol., Warszawa.
- Przybyłek J., Dąbrowski S., 1970. Instrukcja stosowania metody Theisa. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne, Poznań.
- Przybyłek J., Pleczyński J., 1978. Zasady i metodyka dokumentowania zasobów wód eksploatacyjnych dużych ujęć wód podziemnych. Mat. Konf. Nauk.-Techn. „Rozpoznanie wód podziemnych dla potrzeb gospodarki narodowej”. Wyd. Geol., Warszawa, s. 83–98.
- Rodzoń A. (red.), 2006. Zasady sporządzania dokumentacji określających warunki hydrogeologiczne w związku z projektowaniem dróg krajowych i autostrad. Poradnik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Rogoż M., 2007. Dynamika wód podziemnych. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- Roszak W., 1991. Kształtowanie się składu chemicznego płytkich wód podziemnych w pradolinie Odry w rejonie Wrocławia. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław.
- Rózkowski J., 2006. Wody podziemne utworów węglanowych południowej części Jury Krakowsko-Częstochowskiej i problemy ich ochrony. Wyd. UŚ, Katowice.
- Sadurski A., 1989. Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. Zeszyty Nauk. AGH. Kraków.
- Sawicki J., 2000. Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego drenażu górniczego. Oficyna Wyd. Polit. Wrocławskiej.
- Siwek Z., 1978 i 1979. Amerykańskie mierniki usprawnienia ujęcia wód podziemnych I i II. Techn. Poszuk. Geol., 1.
- Siwek Z., 1980. Techniki usprawniania ujęć wód podziemnych. Cz. I i II. Techn. Poszuk. Geol., 4 i 5.
- Siwek Z., Mańkowski M., 1981. Wyznaczanie parametrów hydraulicznych ujęcia wód podziemnych na podstawie pompowań próbnych. Wyd. Geol. Warszawa.
- Staśko S., 1996. Wody podziemne w skałach krystalicznych na podstawie badań wybranych obszarów Sudetów polskich. Prace geologiczno-mineralogiczne, LIII. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław.
- Staśko S., 2004. Modele wielowarstwowe czy zespolone? Doświadczenia w trakcie modelowania zlewni Łupawy, obszaru oleśnicko-miechowskiego. [W:] Model przepływu wód podziemnych. Acta Universitatis Wratislaviensis. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Stenzel P., Szymanko J., 1973. Metody geofizyczne w badaniach hydrogeologicznych i geologiczno-inżynierskich. Wyd. Geol., Warszawa.
- Szczepańska J., Kmiecik E., 1998. Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych. Wyd. AGH, Kraków.
- Szczepański A., 1974. Prognozowanie wydajności i warunków eksploatacji wód podziemnych metoda analogii hydraulicznych. Prace Geologiczne, 81. Wyd. Geol., Warszawa.
- Szczepański A., 1977. Dynamika wód podziemnych. Wyd. Geol., Warszawa.
- Szczepański A., 1979. Eksploatacyjne zasoby złóż wód podziemnych na tle schematyzacji warunków obliczeń. Zeszyty Naukowe AGH, 5, 1.
- Szymanko J., 1972. W sprawie metod projektowania i realizacji badań hydrogeologicznych przy ustalaniu zasobów wód podziemnych. Przegl. Geol. nr 11, Warszawa.
- Szymanko J. i in., 1977. Zastosowanie modelowania matematycznego do badania bilansu wód podziemnych i obliczania ich zasobów. Biblioteka programów obliczeniowych. Blok programowy SP i EPD. KG Zachód, Poznań.
- Szymanko J., 1980. Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.
- Szymanko J. (red.), 1982, Biblioteka programów obliczeniowych HYDRYLIB Centralnego Urzędu Geologii. Wyd. Geol., z. 1–7.

- Śmietiański Z., Szczepański A., 1967. Ocena wydajności ujęcia wód podziemnych metodą analogii hydraulicznych. Sprawozdanie z posiedzeń Komisji Naukowych Oddziału PAN w Krakowie, styczeń–czerwiec 1967, s. 400–405.
- Śmietiański Z., Szczepański A., 1968. Określanie niektórych parametrów horyzontu wodonośnego przy zastosowaniu maszyn liczących ciągłego działania. Tech. Poszukiwań, 26.
- Tarka R., 2006. Hydrogeologiczna charakterystyka utworów kredy w polskiej części Sudetów. Acta Univ. Wratislaviensis. Wyd. Uniw. Wrocław., Wrocław.
- Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Am. Geophys. Union Trans., 16, 519–524.
- Turek S. (red.), 1971. Poradnik hydrogeologa. Wyd. Geol., Warszawa.
- Turek S., 1985. Problemy dokumentowania i gospodarowania wodami podziemnymi w Polsce. Krajowa Konferencja Geologiczna. Wyd. AGH, Kraków, 225–232.
- Walton W.C., 1962. Selected analytical methods for well and aquifer evaluation. III. St. Water Surv., Bull, 49.
- Wieczysty A., 1970. Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa.
- Wieczysty A., 1982. Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa.
- Wilk Z., 1962. O określaniu parametrów hydrogeologicznych złoża wody podziemnej w warunkach nieustalonego przepływu. Przegl. Geol., 9.
- Witczak S., Adamczyk A., 1994 (T. I), 1995 (T. II). Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. PIOŚ Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Zuber A., 1986. Zastosowanie metod znacznikowych w zagadnieniach ochrony wód podziemnych. Cz. I. Metody izotopowe. Sprawozdanie do zadania 02.04.01 pt. „Katalog podstawowych parametrów migracji niezbędnych do wyznaczenia stref ochronnych – instrukcja metodyczna”. AGH, Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków.
- Zuber A., (red.), 2007. Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych. Poradnik metodyczny. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.