



**„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich:
Europa inwestująca w obszary wiejskie”
Instytucja Zarządzająca PROW 2014-2020 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.**

***„Metodyka oceny ex-post PROW 2014-2020, w kontekście
określenia w jakim stopniu interwencji w ramach PROW 2014-2020
wspierają poprawę gospodarki wodnej”***

Obszar badawczy:

Ewaluacja PROW 2014-2020 i PS WPR 2023-2027

Zamawiający:

**Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi
ul. Wspólna 30
00-930 Warszawa**

Wykonawca: Konsorcjum



**Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
- Państwowy Instytut Badawczy**

Falenty, Aleja Hrabaska 3, 05-090 Raszyn

tel. (22) 628 37 63

fax (22) 735 75 06

e-mail: itp@itp.edu.pl



Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
– Państwowy Instytut Badawczy**

ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy

tel. (81) 47 86 700

fax. (81) 47 86 900

e-mail: iung@iung.pulawy.pl

Falenty, 31.12.2024 r.

Koordynator zadania:

dr hab. Wojciech Bąba – **ITP-PIB**

Zespół wykonawców:

prof. dr hab. inż. Edmund Kaca – **ITP-PIB**

mgr inż. Bartosz Kierasiński – **ITP-PIB**

prof. dr hab. inż. Kazimierz Banasik – **ITP-PIB**

mgr inż. Katarzyna Karpińska – **ITP-PIB**

dr hab. inż. Rafał Wawer – **IUNG-PIB**

Informacje i poglądy zawarte w niniejszej publikacji są wyłącznie opiniami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają oficjalne stanowisko Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi nie gwarantuje dokładności danych zawartych w niniejszej publikacji.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi ani żadna osoba działająca w jego imieniu nie ponosi odpowiedzialności za wykorzystanie informacji zawartych w niniejszej publikacji.

Wykaz skrótów:

ARiMR	Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa
BDOT10k	Baza Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 000
CBDOM	Centralna Baza Danych Obiektów Melioracyjnych
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DEM	Digital Elevation Model (Numeryczny Model Terenu)
GIOŚ	Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
GUGiK	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
GUS	Główny Urząd Statystyczny
IMGW-PIB	Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
ITP-PIB	Instytut Technologiczno-Przyrodniczy - Państwowy Instytut Badawczy
IUNG-PIB	Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
JCWPD	Jednolite Części Wód Podziemnych
JCPW	Jednolite Części Wód Powierzchniowych
KPO	Krajowy Plan Odbudowy
LPW	Lokalne Partnerstwa ds. Wody
MHP-PPW-WH	Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1: 50 000 – Pierwszy Poziom Wodonośny – Występowanie i Hydrodynamika
NMT	Numeryczny Model Terenu
NPP	Normalny Poziom Piętrzenia
NQ	Przepływ Minimalny Roczny
OBDOMR	Ogólnopolska Baza Danych Obiektów Małej Retencji
PGW WP	Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie
PIG-PIB	Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy
PMŚ	Państwowy Monitoring Środowiska
PROW	Program Rozwoju Obszarów Wiejskich
QGIS	Oprogramowanie Geoinformacyjne
SMGP	Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000
SNQ	Przepływ Średni Niski
SQ	Przepływ Średni Roczny
TUZ	Trwałe Użytki Zielone
UE	Unia Europejska
WMS	Web Map Service
WPR	Wspólna Polityka Rolna
WQ	Przepływ Maksymalny Roczny

Spis treści:

1.	Wprowadzenie	6
2.	Kryteria oceny.....	6
3.	Logika interwencji.....	7
4.	Określenie i przypisanie do kryteriów oceny odpowiednich wskaźników rezultatu i oddziaływania 9	
4.1	Przypisanie do kryteriów oceny wskaźników rezultatu.....	9
4.2	Przypisanie do kryteriów oceny wskaźników oddziaływania	10
5.	Określenie metod badawczych	11
	Kryterium 1. Zwiększenie retencji korytowej (ITP-PIB).....	11
	Kryterium 2. Zwiększenie retencji zbiornikowej (ITP-PIB)	12
	Kryterium 3. Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej (ITP-PIB)	15
	Kryterium 4. Zwiększenie retencji melioracyjnej (ITP-PIB)	17
	Kryterium 5. Zwiększenie retencji krajobrazowej (ITP-PIB)	21
	Kryterium 6. Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych (IUNG-PIB)	23
	Kryterium 7. Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywności lasów (IUNG-PIB)	24
	Kryterium 8. Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie (ITP-PIB)	25
	Kryterium 9. Poprawa jakości wody (IUNG-PIB + ITP-PIB)	27
	Kryterium 10. Stabilizacja przepływów w rzekach (ITP-PIB)	30
6.	Określenie źródeł danych	33
	Kryterium 1. Zwiększenie retencji korytowej (ITP-PIB).....	33
	Kryterium 2. Zwiększenie retencji zbiornikowej (ITP-PIB)	33
	Kryterium 3. Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej (ITP-PIB)	35
	Kryterium 4. Zwiększenie retencji melioracyjnej (ITP-PIB)	35
	Kryterium 5. Zwiększenie retencji krajobrazowej (ITP-PIB)	36
	Kryterium 6. Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych (IUNG-PIB)	36
	Kryterium 7. Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywności lasów (IUNG-PIB)	37
	Kryterium 8. Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie (ITP-PIB)	37
	Kryterium 9. Poprawa jakości wody (IUNG-PIB + ITP-PIB)	37
	Kryterium 10. Stabilizacja przepływów w rzekach (ITP-PIB)	38
7.	Przykład praktyczny zastosowania metodyki obliczania przyrostu retencji korytowej i glebowo- gruntowej przy użyciu oprogramowania komputerowego Retencja.exe	39
	ZAŁĄCZNIK 1	45

METODYKA OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI KORYTOWEJ I GLEBOWO-GRUNTOWEJ POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W MAŁYM DRENUJĄCYM CIEKU/ZBIORNIKU.....	45
INSTRUKCJA KORZYSTANIA Z PROGRAMU KOMPUTEROWEGO OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI	71
ZAŁĄCZNIK 2. Instrukcje korzystania i pobierania Map Tematycznych.....	81

1. Wprowadzenie

Celem wykonania poniższego opracowania, było przygotowanie metodyki oceny i określenie źródeł danych, niezbędnych do wykonania w 2026 r. oceny ex-post interwencji prowadzonych w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW) na lata 2014-2020. Planowana ocena ex-post będzie mieć na celu realne określenie wkładu wykonanych interwencji w realizację celów na poziomie UE - Unii Europejskiej (cele Europa 2020 oraz cele WPR - Wspólnej Polityki Rolnej) oraz w realizację celu szczegółowego PROW 2014-2020. Wykonanie oceny ex-post będzie stanowiło kolejny i ostatni już etap w obszarze badawczym dotyczącym ewaluacji PROW 2014-2020.

Opracowana metodyka, umożliwi przeprowadzenie oceny ex-post w odniesieniu do stopnia realizacji:

a) celów na poziomie UE:

- cel szczegółowy Wspólnej Polityki Rolnej - **CS 5** - wspieranie zrównoważonego rozwoju zasobów naturalnych, takich jak woda, gleba i powietrze, i wydajnego gospodarowania nimi, w tym poprzez ograniczanie uzależnienia od środków chemicznych;

b) celu szczegółowego PROW 2014-2020:

- **CS 4B** - poprawa gospodarki wodnej, w tym nawożenia i stosowania pestycydów.

2. Kryteria oceny

Na podstawie przeprowadzonej analizy instrumentów wsparcia PROW 2014-2020, tzn. wszystkich interwencji już wykonanych i planowanych do wykonania do końca 2025 r., wybrane zostały te interwencje, które mają realny wpływ na realizację ww. celów na poziomie UE oraz celu szczegółowego PROW 2014-2020 (przypisanego do celu szczegółowego 4B).

Na podstawie posiadanej wiedzy eksperckiej na temat oddziaływania wybranych instrumentów wsparcia PROW 2014-2020, zostało zaproponowanych 10 kryteriów oceny wpływu interwencji PROW 2014-2020 na gospodarkę wodną i jakość wód w rolnictwie, w tym na:

- gospodarkę wodną i jakość wody w dolinach rzecznych na trwałych użytkach zielonych (na TUZ-ach)
- gospodarkę wodną gleb i jakość wody na gruntach rolnych (w gospodarstwach).

Do kryteriów oceny wpływu PROW 2014-2020 na gospodarkę wodną i jakość wód w rolnictwie, zostały zaproponowane następujące:

1. Zwiększenie retencji korytowej ([ITP-PIB](#))
2. Zwiększenie retencji zbiornikowej ([ITP-PIB](#))
3. Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej ([ITP-PIB](#))
4. Zwiększenie retencji melioracyjnej ([ITP-PIB](#))

5. Zwiększenie retencji krajobrazowej (ITP-PIB)
6. Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych (IUNG-PIB)
7. Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów (IUNG-PIB)
8. Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie (ITP-PIB)
9. Poprawa jakości wody (IUNG-PIB + ITP-PIB)
10. Stabilizacja przepływów w rzekach (ITP-PIB)

Wszystkie zaproponowane kryteria oceny, będą służyć do określenia skuteczności interwencji PROW 2014-2020 w wydajnym gospodarowaniu zasobami naturalnymi. Wskaźnikiem takiej skuteczności, jest zachowanie lub zwiększenie jakości i ilości zasobów naturalnych dzięki zmniejszeniu zanieczyszczeń i eksploatacji.

3. Logika interwencji

Przeprowadzona selekcja instrumentów wsparcia PROW 2014-2020, pozwoliła na przypisanie odpowiednich interwencji PROW 2014-2020 do zdefiniowanych kryteriów oceny. Potencjalną grupę analizowanych interwencji PROW 2014-2020, stanowiły te działania, które wpisują się w Priorytet P4 „Przywracanie, ochrona i wzmacnianie ekosystemów związanych z rolnictwem i leśnictwem”, tzn. interwencje:

- 1 – Transfer wiedzy i działalność informacyjna (1.1, 1.2)
- 4 – Inwestycje w środki trwałe (4.1 – operacja: Inwestycje w gospodarstwach położonych na obszarach Natura 2000, 4.1 – operacja: Inwestycje mające na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych, 4.3 – operacja: Zarządzanie zasobami wodnymi)
- 8 – Inwestycje w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów (8.5)
- 10 – Działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne (10.1, 10.2)
- 11 – Rolnictwo ekologiczne (11.1, 11.2)
- 13 – Płatności dla obszarów z ograniczeniami naturalnymi lub innymi szczególnymi ograniczeniami (13.1, 13.2, 13.3).

W tabeli 1 zestawione zostały kryteria oceny wraz z interwencjami PROW 2014-2020 mającymi potencjalny bezpośredni lub pośredni wpływ na te kryteria.

Tabela 1. Kryteria oceny wraz z interwencjami mającymi na nie bezpośredni lub pośredni wpływ

L.P.	Kryterium oceny	Interwencje PROW 2014-2020	
		Wpływ bezpośredni	Wpływ pośredni
1.	Zwiększenie retencji korytowej	4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>	
2.	Zwiększenie retencji zbiornikowej	4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>	
3.	Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej	4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>	
4.	Zwiększenie retencji melioracyjnej	4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>	
5.	Zwiększenie retencji krajobrazowej	4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>	
6.	Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych	10 – Działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne	
7.	Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów	8 – Inwestycje w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów (8.5)	
8.	Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie		4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>
9.	Poprawa jakości wody		• 4.1 – operacja: <i>Inwestycje w gospodarstwach położonych na obszarach Natura 2000</i> • 4.1 – operacja: <i>Inwestycje mające na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych</i> • 8 – Inwestycje w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów (8.5) • 11 – <i>Rolnictwo ekologiczne (11.1, 11.2)</i> • 4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>
10.	Stabilizacja przepływów w rzekach		4.3 – operacja: <i>Zarządzanie zasobami wodnymi</i>

W opinii zespołu z IUNG-PIB:

- Następujące *działania* mają niemierzalny wpływ na gospodarkę wodną w zakresie dostępności wody:

1 - *Transfer wiedzy i działalność informacyjna* (1.1, 1.2)

UZASADNIENIE: Brak jest wskaźników, które jednoznacznie wskazywałyby na wpływ działania na ilość lub jakość wód. Nie da się też sparametryzować tych działań by je wprowadzić do modelu.

- Następujące działania powinny zostać pominięte w ocenie wpływu na wsparcie gospodarki wodnej:

13 - *Płatności dla obszarów z ograniczeniami naturalnymi lub innymi szczególnymi ograniczeniami* (13.1, 13.2, 13.3)

UZASADNIENIE: Z racji szczególnego charakteru, działanie 13 może przynieść pogorszenie stanu wód, wynikające z zagospodarowania odłogów, które generują dużo mniejsze ładunki N, P, K niż uprawy. Są to przeważnie gleby wytworzone z piasków, a więc o małej buforowości i wysokiej przepuszczalności. Na obszarach górskich z kolei, gospodarka rolna na dawnych odłogach może się przyczyniać do zwiększenia erozji wodnej i ładunków P docierających do wód.

4. Określenie i przypisanie do kryteriów oceny odpowiednich wskaźników rezultatu i oddziaływania

4.1 Przypisanie do kryteriów oceny wskaźników rezultatu

Do wybranych 7 kryteriów oceny zostały przypisane odpowiednie wskaźniki rezultatu. Zestawienie kryteriów oceny wraz z przypisanymi im wskaźnikami rezultatu przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Kryteria oceny wraz z przypisanymi wskaźnikami rezultatu

L.P.	Kryterium oceny	Wskaźnik rezultatu
1.	Zwiększenie retencji korytowej	Przyrost retencji korytowej [m³] , tzn. objętość wody zatrzymanej w korycie cieku w zasięgu cofki, na skutek spiętrzenia w cieku (ITP-PIB)
2.	Zwiększenie retencji zbiornikowej	Przyrost pojemności zbiornika [m³] , tzn. objętość możliwej do zatrzymania wody w zbiorniku (ITP-PIB)
3.	Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej	Przyrost retencji glebowo-gruntowej [m³ lub mm] , tzn. objętość wody lub wysokość opadu zatrzymana w gruncie w zasięgu oddziaływania inwestycji, na skutek piętrzenia w cieku lub budowy zbiornika wodnego (ITP-PIB)
4.	Zwiększenie retencji melioracyjnej	Przyrost retencji melioracyjnej [m³ lub mm] , tzn. objętość wody zatrzymywanej w systemach drenarskich i/lub w rowach nawadniająco-odwadniających, na skutek wykonania inwestycji (ITP-PIB)

5.	Zwiększenie retencji krajobrazowej	Suma powierzchni łącznej elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję krajobrazową [m ²] i jej udział w powierzchni obszaru oddziaływania inwestycji [%] (ITP-PIB)
6.	Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych	- Procent gruntów rolnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej (wskaźniki rezultatu R8/T10) (IUNG-PIB) - Procent gruntów leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej (IUNG-PIB)
7.	Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów	- Procent [%] zmniejszenia wskaźnika odpływu powierzchniowego dla danego stanowiska pomiarowego w stosunku do % przyrostu powierzchni lasów (IUNG-PIB) - Procent [%] zwiększenia retencji glebowej w okresie kwiecień-październik w stosunku do % przyrostu powierzchni lasów (IUNG-PIB) - Procent [%] zmniejszenia powierzchni dotkniętych silnym stresem wodnym w zlewni w okresie kwiecień-październik w stosunku do % przyrostu powierzchni lasów (IUNG-PIB)

4.2 Przypisanie do kryteriów oceny wskaźników oddziaływania

Do wybranych 3 kryteriów oceny zostały przypisane odpowiednie wskaźniki oddziaływania. Zestawienie kryteriów oceny wraz z przypisanymi im wskaźnikami oddziaływania przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Kryteria oceny wraz z przypisanymi wskaźnikami oddziaływania

L.P.	Kryterium oceny	Wskaźnik oddziaływania
8.	Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie	Spadek poboru wody do nawodnień (wskaźnik oddziaływania nr 10) (ITP-PIB)
9.	Poprawa jakości wody	- Zmniejszenie ładunków biogenów (ładunki N, P) w wodach powierzchniowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniami: a) 4.1 b) 8 (IUNG-PIB) - Zmniejszenie ładunków biogenów (ładunki N, P, osady) w wodach powierzchniowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniem 11 (IUNG-PIB) - Zmniejszenie ładunków biogenów (ładunki N) w wodach gruntowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniami: a) 4.1 b) 8 c) 11 (IUNG-PIB) - Zmniejszenie ładunków pestycydów w wodach powierzchniowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniem 11 (IUNG-PIB) - Spadek stężenia azotanów i fosforanów (wskaźnik oddziaływania nr 11) (ITP-PIB)
10.	Stabilizacja przepływów w rzekach	Zmniejszenie zmienności natężeń przepływu (ITP-PIB)

5. Określenie metod badawczych

Kryterium 1. Zwiększenie retencji korytowej (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których meritum stanowi budowa, przebudowa, remont budowli piętrzącej lub urządzenia melioracji wodnych zlokalizowanych na naturalnych lub sztucznych ciekach.

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikiem rezultatu dla tego kryterium oceny jest przyrost retencji korytowej w m³, tzn. objętość wody zatrzymanej w korycie cieku w zasięgu cofki, na skutek spiętrzenia w cieku.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- bezpośrednie pomiary geodezyjne (niwelacyjne),
- analiza map topograficznych z warstwicami,
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza opracowań hydrologicznych.

Opis wybranych metod:

Przewiduje się, że inwestycje (budowle piętrzące wody w ciekach) spowodują przyrost potencjału retencyjnego a w konsekwencji przyrost retencji koryt cieków. Przyrost ten, związany z inwestycją i wyrażany w m³ będzie obliczany wg opracowanego i oprogramowanego modelu matematycznego. W [Załączniku 1](#) pt. „**Metodyka obliczania przyrostu retencji korytowej i glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym drenującym cieku/zbiorniku wraz z instrukcją obliczeń z użyciem programu komputerowego**”, została przedstawiona szczegółowo metodyka (algorytm) obliczania przyrostu retencji korytowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku nizinny. Załącznik 1 zawiera ponadto instrukcję obliczeń ww. przyrostu retencji korytowej, przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego z interfejsem użytkownika. Oprogramowanie komputerowe, skompresowane do folderu **Retencja.rar** stanowi część składową tego opracowania.

Dane wejściowe:

1. Profil podłużny cieku na odcinku spodziewanej cofki, z lokalizacją przekrojów poprzecznych cieku z zaznaczonymi:
 - rzędnymi dna, m n.p.m.,
 - rzędnymi terenu przyległego do cieku (prawy i lewy brzeg), m n.p.m.,
 - charakterystycznymi głębokościami i nachyleniami skarp.

2. Powierzchnia F zlewni (km^2) w przekroju planowanego spiętrzenia wody.
3. Przepływ charakterystyczny, domyślnie – przepływ średni niski (SNQ w m^3/s) w cieku na odcinku planowanego spiętrzenia wody ($SNQ = 0,001 \cdot F \cdot SNq$, m^3/s , gdzie: SNq – średni niski odpływ jednostkowy ze zlewni, $\text{dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$).
4. Rzędna piętrzenia wody w cieku (normalny poziom piętrzenia NPP), m n.p.m.

Dane wyjściowe:

Obliczony zostanie **sumaryczny przyrost retencji korytowej** dla wszystkich inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 w skali wybranych zlewni oraz całej Polski. Wybór zlewni zostanie dokonany na podstawie lokalizacji inwestycji z działania 4.3. **Sumaryczny przyrost retencji korytowej**, wraz z sumarycznym przyrostem retencji zbiornikowej (kryterium 2), z sumarycznym przyrostem retencji glebowo-gruntowej (kryterium 3) oraz z sumarycznym przyrostem retencji melioracyjnej (kryterium 4), będzie stanowił wartość liczbową **całkowitego potencjału retencyjnego**, jaki powstanie na skutek realizacji ww. inwestycji.

Średni roczny odpływ wód powierzchniowych wynosi w Polsce ok. 62 mld m^3 , z czego retencjonuje się jedynie 7,5%, tzn. około 4,65 mld m^3 . Z tą pojemnością, zostanie porównany **sumaryczny przyrost retencji korytowej**, każdy z trzech pozostałych sumarycznych przyrostów retencji (zbiornikowej, glebowo-gruntowej, melioracyjnej), jak i **całkowity potencjał retencyjny** powstały na skutek realizacji wszystkich inwestycji z działania 4.3. Takie porównanie pozwoli określić, o ile więcej % (ponad aktualne 7,5%) może być retencjonowanych wód powierzchniowych i gruntowych w skali całej Polski. Dodatkowo, obliczony zostanie stosunek [%] **sumarycznego przyrostu retencji korytowej** z wszystkich inwestycji z danej zlewni do średniej rocznej objętości odpływu z danej zlewni.

Bardzo ważnym zagadnieniem jest określenie i zrozumienie rzędu wielkości przewidywanych wyników. Wg danych z wniosków, zgłaszanych przez wnioskodawców w ramach działania 4.3, całkowity prognozowany przyrost retencji, w przypadku wykonania wszystkich 195 inwestycji hydrotechnicznych i wodno-melioracyjnych, szacowany jest na około 74,5 mln m^3 . W kwestii zbiorników kopanych, na dzień 30.11.2024 r. wg ARiMR podpisano 462 umowy na wykonanie ww. zbiorników, których łączną pojemność maksymalną można oszacować na poziomie 6,9 mln m^3 . Suma obu wartości wynosząca około 81,4 mln m^3 wody, stanowiłaby jedynie 0,13% średniego rocznego odpływu wód powierzchniowych z terenu całej Polski.

Kryterium 2. Zwiększenie retencji zbiornikowej (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których meritum stanowi budowa, przebudowa, remont zbiornika retencyjnego z urządzeniem upustowym lub budowa zbiornika kopanego.

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikiem rezultatu dla tego kryterium oceny jest przyrost pojemności zbiornika w m³, tzn. objętość możliwej do zatrzymania wody, przy czym w przypadku zbiorników kopanych będzie to całkowita pojemność, natomiast w przypadku zbiorników większych (retencyjnych – użytkowych), pojemność użytkowa zbiornika (tj. różnica pojemności przy NPP i pojemności martwej).

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- bezpośrednie pomiary geodezyjne (niwelacyjne) i hydrogeologiczne w otworach wiertniczych,
- analiza map topograficznych z warstwicami, map pierwszej warstwy wodonośnej, szczegółowych map geologicznych
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza opracowań hydrologicznych.

Opis wybranych metod:

Przewiduje się, że inwestycje związane z budową / remontem zbiorników retencyjnych lub zbiorników kopanych spowodują przyrost potencjału retencyjnego, a w konsekwencji przyrost retencji zbiornikowej. W opracowanej metodyce zasadne było rozdzielenie inwestycji na dwa przypadki:

- 1) **małe zbiorniki** - do tej grupy należy zaliczyć m.in. zbiorniki kopane oraz małe zbiorniki przepływowe na ciekach, których szerokości zwierciadła wody niespiętrzonej i wody spiętrzonej, różnią się nieznacznie (nie więcej niż ok. 20 m), tzn. spiętrzenie wody w zbiorniku nie powoduje powstania wyraźnego rozlewiska w terenie przyległym.
- 2) **średnie lub duże zbiorniki** - do tej grupy należy zaliczyć m.in. jeziora oraz przepływowe zbiorniki zaporowe o długości zapory czołowej powyżej 20 m.

W przypadku 1 grupy zbiorników, przyrost retencji, związany z inwestycją i wyrażany w m³ będzie obliczany wg opracowanego i oprogramowanego modelu matematycznego. W [Załączniku 1](#) pt. „**Metodyka obliczania przyrostu retencji korytowej i glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym drenującym cieku/zbiorniku wraz z instrukcją obliczeń z użyciem programu komputerowego**”, została przedstawiona szczegółowo metodyka (algorytm) obliczania przyrostu retencji zbiornikowej pod wpływem piętrzenia wody na urządzeniach upustowych w małym zbiorniku wodnym. Załącznik 1 zawiera ponadto instrukcję obliczeń ww. przyrostu retencji

zbiornikowej, przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego z interfejsem użytkownika. Oprogramowanie komputerowe, skompresowane do folderu **Retencja.rar** stanowi część składową tego opracowania. W przypadku zbiorników kopanych, alternatywną metodą pozyskiwania danych dotyczących całkowitej pojemności zbiornika, może być analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych.

W przypadku 2 grupy zbiorników, przyrost retencji, związany z inwestycją i wyrażany w m^3 będzie określany tylko na podstawie analizy dokumentacji projektowych, powykonawczych, pozwoleń i operatów wodnoprawnych dotyczących wszystkich wykonanych inwestycji zbiornikowych. W tym wypadku, analiza dostępnych danych będzie metodą najbardziej efektywną i dokładną. Analizowany będzie przyrost retencji związany ze zwiększeniem pojemności użytkowej zbiornika (tj. różnicy pojemności przy NPP i pojemności martwej) powstałej na skutek wykonania inwestycji.

Dane wejściowe:

W przypadku wykorzystania oprogramowania komputerowego Retencja.exe:

- 1) płytki przekrój hydrogeologiczny (glebowo-gruntowy, pierwszej warstwy wodonośnej) wzdłuż linii spływu wód gruntowych do zbiornika z zaznaczonymi profilami 1, 2, 3, ..., N . W przybliżeniu przekrój ten może przebiegać w linii prostopadłej do brzegu zbiornika w którym woda jest piętrzona. Profil 1, zlokalizowany na skarpie zbiornika, uważa się za początek przekroju hydrogeologicznego.
- 2) odległości x_i profili od skarpy zbiornika, m,
- 3) długość L drogi spływu wód gruntowych do zbiornika, od początku przekroju hydrogeologicznego (profil 1) do granicy zlewni zbiornika, m,
- 4) charakterystyki hydrogeologiczne (glebowo-gruntowe) panujące w profilach:
 - rzędna T_i terenu, m n.p.m.,
 - rzędna P_i podstawy (spągu) warstwy wodonośnej, m n.p.m.,
 - współczynnik filtracji k_i warstwy wodonośnej, m/d,
- 5) charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie średni niski odpływ jednostkowy SNq wody ze zlewni zbiornika w warunkach naturalnych (bez piętrzenia wody), $dm^3/(s \cdot km^2)$,
- 6) charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie zerowy, wody ze zlewni zbiornika ze spiętrzoną wodą gruntową, $dm^3/(s \cdot km^2)$,
- 7) granica zlewni w pobliżu piętrzenia wody w zbiorniku i wyznaczona na tej podstawie odległość L od zbiornika do granicy zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego,
- 8) rzędna Ws_A zwierciadła wody spiętrzonej oraz rzędna W_A zwierciadła wody w zbiorniku bez piętrzenia w punkcie początkowym przekroju hydrogeologicznego, m n.p.m.

W przypadku analizy dokumentacji / opracowań:

- 1) pojemność martwa zbiornika retencyjnego [m³]
- 2) pojemność zbiornika retencyjnego przy NPP przed wykonaniem inwestycji [m³]
- 3) pojemność zbiornika retencyjnego przy NPP po wykonaniu inwestycji [m³]
- 4) pojemność całkowita zbiornika kopanego [m³]

Dane wyjściowe:

Obliczony zostanie **sumaryczny przyrost retencji zbiornikowej** dla wszystkich inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 w skali wybranych zlewni oraz całej Polski. Wybór zlewni zostanie dokonany na podstawie lokalizacji inwestycji z działania 4.3. **Sumaryczny przyrost retencji zbiornikowej**, wraz z sumarycznym przyrostem retencji korytowej (kryterium 1), z sumarycznym przyrostem retencji glebowo-gruntowej (kryterium 3) oraz z sumarycznym przyrostem retencji melioracyjnej (kryterium 4), będzie stanowił wartość liczbową **całkowitego potencjału retencyjnego**, jaki powstanie na skutek realizacji ww. inwestycji.

Średni roczny odpływ wód powierzchniowych wynosi w Polsce ok. 62 mld m³, z czego retencjonuje się jedynie 7,5%, tzn. około 4,65 mld m³. Z tą pojemnością, zostanie porównany **sumaryczny przyrost retencji zbiornikowej**, każdy z trzech pozostałych sumarycznych przyrostów retencji (korytowej, glebowo-gruntowej, melioracyjnej), jak i **całkowity potencjał retencyjny** powstały na skutek realizacji wszystkich inwestycji z działania 4.3. Takie porównanie pozwoli określić, o ile więcej % (ponad aktualne 7,5%) może być retencjonowanych wód powierzchniowych i gruntowych w skali całej Polski. Dodatkowo, obliczony zostanie stosunek [%] **sumarycznego przyrostu retencji zbiornikowej** z wszystkich inwestycji z danej zlewni do średniej rocznej objętości odpływu z danej zlewni.

Kryterium 3. Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których meritum stanowi budowa, przebudowa lub remont budowli piętrzącej, urządzenia melioracji wodnych lub zbiornika retencyjnego zlokalizowanych na naturalnych lub sztucznych ciekach. Ponadto do oceny inwestycji realizujących zbiorniki kopane.

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikiem rezultatu dla tego kryterium oceny jest przyrost retencji glebowo-gruntowej [m³ lub mm], tzn. objętość wody lub wysokość opadu zatrzymana w gruncie w zasięgu oddziaływania inwestycji, na skutek piętrzenia w cieku i/lub budowy zbiornika wodnego.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- bezpośrednie pomiary geodezyjne (niwelacyjne) i hydrogeologiczne w otworach wiertniczych,
- analiza map topograficznych z warstwicami, map pierwszej warstwy wodonośnej, szczegółowych map geologicznych,
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza opracowań hydrologicznych.

Opis wybranych metod:

Przewiduje się, że piętrzenie wody w cieku/zbiorniku w ramach inwestycji, wywoła wzrost poziomu wody gruntowej w obszarze oddziaływania inwestycji, a co za tym idzie, przyrost retencji glebowo-gruntowej w przyległych do cieku/zbiornika użytkach rolnych/leśnych. Przyrost ten wyrażany w m^3 i w mm opadu, będzie obliczany wg opracowanego i oprogramowanego modelu matematycznego. W [Załączniku 1](#) pt. „**Metodyka obliczania przyrostu retencji korytowej i glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym drenującym cieku/zbiorniku wraz z instrukcją obliczeń z użyciem programu komputerowego**”, została przedstawiona szczegółowo metodyka (algorytm) obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym drenującym cieku/zbiorniku. Załącznik 1 zawiera ponadto instrukcję obliczeń ww. przyrostu retencji glebowo-gruntowej, przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego z interfejsem użytkownika. Oprogramowanie komputerowe, skompresowane do folderu **Retencja.rar** stanowi część składową tego opracowania.

Dane wejściowe:

1. płytki przekrój hydrogeologiczny (glebowo-gruntowy, pierwszej warstwy wodonośnej) wzdłuż linii spływu wód gruntowych do cieku/zbiornika z zaznaczonymi profilami 1, 2, 3, ..., N . W przybliżeniu przekrój ten może przebiegać w linii prostopadłej do cieku/brzegu zbiornika w którym woda jest piętrzona i powinien być oddalony od budowli piętrzącej wodę na odległość równą ok. $1/3$ długości cofki na cieku. Profil 1, zlokalizowany na skarpie cieku/zbiornika, uważa się za początek przekroju hydrogeologicznego.
2. odległości x_i profili od skarpy cieku/zbiornika, m,
3. długość L drogi spływu wód gruntowych do cieku/zbiornika, od początku przekroju hydrogeologicznego (profil 1) do granicy zlewni cieku/zbiornika, m,
4. charakterystyki hydrogeologiczne (glebowo-gruntowe) panujące w profilach:
 - rzędna T_i terenu, m n.p.m.,
 - rzędna P_i podstawy (spągu) warstwy wodonośnej, m n.p.m.,
 - współczynnik filtracji k_i warstwy wodonośnej, m/d,

5. charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie średni niski odpływ jednostkowy SN_q wody ze zlewni cieku/zbiornika w warunkach naturalnych (bez piętrzenia wody), $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,
6. charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie zerowy, wody ze zlewni cieku/zbiornika ze spiętrzoną wodą gruntową, $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,
7. granica zlewni w pobliżu piętrzenia wody w cieku i wyznaczona na tej podstawie odległość L od cieku/zbiornika do granicy zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego,
8. rzędna Ws_A zwierciadła wody spiętrzonej oraz rzędna W_A zwierciadła wody w cieku/zbiorniku bez piętrzenia w punkcie początkowym przekroju hydrogeologicznego, m n.p.m.

Dane wyjściowe:

Obliczony zostanie **sumaryczny przyrost retencji glebowo-gruntowej** dla wszystkich inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 w skali wybranych zlewni oraz całej Polski. Wybór zlewni zostanie dokonany na podstawie lokalizacji inwestycji z działania 4.3. **Sumaryczny przyrost retencji glebowo-gruntowej**, wraz z sumarycznym przyrostem retencji korytowej (kryterium 1), z sumarycznym przyrostem retencji zbiornikowej (kryterium 2) oraz z sumarycznym przyrostem retencji melioracyjnej (kryterium 4), będzie stanowił wartość liczbową **całkowitego potencjału retencyjnego**, jaki powstanie na skutek realizacji ww. inwestycji.

Średni roczny odpływ wód powierzchniowych wynosi w Polsce ok. 62 mld m^3 , z czego retencjonuje się jedynie 7,5%, tzn. około 4,65 mld m^3 . Z tą pojemnością, zostanie porównany **sumaryczny przyrost retencji glebowo-gruntowej**, każdy z trzech pozostałych sumarycznych przyrostów retencji (korytowej, zbiornikowej, melioracyjnej), jak i **całkowity potencjał retencyjny** powstały na skutek realizacji wszystkich inwestycji z działania 4.3. Takie porównanie pozwoli określić, o ile więcej % (ponad aktualne 7,5%) może być retencjonowanych wód powierzchniowych i gruntowych w skali całej Polski. Dodatkowo, obliczony zostanie stosunek [%] **sumarycznego przyrostu retencji glebowo-gruntowej** z wszystkich inwestycji z danej zlewni do średniej rocznej objętości odpływu z danej zlewni.

Kryterium 4. Zwiększenie retencji melioracyjnej (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których obszar oddziaływania będzie obejmował istniejące lub projektowane systemy melioracyjne: sieci drenarskie i rowy nawadniająco-odwadniające.

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikiem rezultatu dla tego kryterium oceny jest przyrost retencji melioracyjnej w m³ lub mm, tzn. objętość wody zatrzymywanej w systemach drenarskich i/lub w rowach nawadniająco-odwadniających, na skutek wykonania inwestycji.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- bezpośrednie pomiary geodezyjne (niwelacyjne) i hydrogeologiczne w otworach wiertniczych,
- analiza map topograficznych z warstwicami, map pierwszej warstwy wodonośnej, szczegółowych map geologicznych,
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza opracowań hydrologicznych,
- analiza bazy danych opracowanej przez ITP-PIB (CBDOM)

Opis wybranych metod:

Przyrost retencji melioracyjnej nastąpi przede wszystkim na skutek budowy, przebudowy lub remontu zastawek melioracyjnych i przepustów z piętrzeniem na rowach nawadniająco-odwadniających, których sprawność jest warunkiem koniecznym do zatrzymania odpływającej wody. Nierzadko, funkcjonalność zastawek melioracyjnych będzie jednak niewystarczająca do hamowania odpływu wody, ponieważ w systemach nawodnień podsiąkowych równie istotna jest sprawność zamknięć jazów piętrzących wodę na rzekach, umożliwiających dostarczenie wody do rowów nawadniająco-odwadniających wyposażonych w zastawki i przepusty z piętrzeniem.

Retencja melioracyjna, tzn. retencja glebowo-gruntowa pod wpływem urządzeń melioracji wodnych jest specyficznym rodzajem retencji. Zmianę ΔR (przyrost lub ubytek) zasobu retencjonowanej wody (potencjał retencyjny) można obliczyć na podstawie zmiany poziomu wody gruntowej i współczynnika odciekalności drenażowej gleby. Obliczenia wykonuje się na podstawie metody zaproponowanej przez E. Kacę (źródło: *Operacyjne sterowanie procesem nawodnień podsiąkowych i odwodnień – komputerowy system wspomagania decyzji wraz z przykładami zastosowań. Praca zbiorowa pod redakcją naukową Edmund Kacy. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań 2020*).

Podstawę tej metody stanowi wzór:

$$\Delta R = \delta_0 - \delta_1$$

w którym δ_0 i δ_1 oznacza odciekalność w m odpowiednio przed i po zmianie położenia zwierciadła wody gruntowej względem powierzchni terenu.

Każdą z tych odciekalności oblicza się wg wzorów

$$\text{gdy } 0 \leq z \leq z_p \quad \delta = 0,5 \frac{n_{max}}{z_p} (z_p - z)^2 - n_{max}(z_p - z) + 0,5 n_{max} z_p$$

$$\text{gdy } z > z_p \quad \delta = n_{max}(z - z_p) + 0,5 n_{max} z_p$$

podstawiając w miejsce z głębokość w m do zwierciadła wody gruntowej przed ($z = z_o$) i po zmianie ($z = z_1$) położenia zwierciadła wody gruntowej na rozpatrywanym obszarze.

Pozostałe oznaczenia w tych wzorach oznaczają:

z_p – wysokość podsiąku kapilarnego w m,

n_{max} – porowatość drenażowa gleby, -.

Przybliżone wartości tych wielkości można wyznaczyć na podstawie znanego składu gleby z tabel Z3, Z4 i Z5 z [Załącznika 1](#).

Obliczenia najlepiej wykonywać numerycznie, wykorzystując dane wejściowe oraz dane z tabel Z3, Z4 i Z5. W tabeli 4 przedstawiono przykład takich danych (na tle żółtym) oraz wyniki obliczeń (na tle pomarańczowym). Obliczenia wykonano dla obiektu melioracyjnego podzielonego na cztery w miarę jednorodne obszary A, B, C i D. Wynika z nich, że na obszarze A w wyniku inwestycji lustro wody obniży się z głębokości 0,5 m do głębokości 1,0 m, a więc nastąpi niekorzystna redukcja retencji (-18 750 m³). Na pozostałych obszarach będą przyrosty retencji. W sumie inwestycja melioracyjna spowoduje przyrost retencji na całym obszarze o 52 850 m³ (48 mm).

Na wyniki obliczeń istotny wpływ ma informacja o położeniu zwierciadła wody gruntowej przed i po realizacji inwestycji oraz informacja o powierzchni, na którą ta inwestycja oddziałuje. Do weryfikacji tych wartości będą wykorzystane dane wejściowe dotyczące średniej rozstawy, średniego spadku rowów/drenów, a także informacje dotyczące liczby budowli i wysokości piętrzeń wody na nich na każdym z wydzielonych obszarów, przed i po realizacji inwestycji. Na podstawie tych danych można utworzyć schemat hydrauliczny z dwoma rowami/drenami, a na jego podstawie z odpowiednich wzorów obliczyć możliwy przyrost położenia zwierciadła wody gruntowej na obszarze przed i po realizacji melioracji.

Do obliczeń niezbędna będzie informacja o przepuszczalności (współczynnika filtracji) gleby. Wartość współczynnika filtracji można wyznaczyć na podstawie tekstury gleby i gruntu z tabeli Z1 z [Załącznika 1](#). Na podstawie tych danych można wykonywać obliczenia wariantowe, przy różnych miąższościach warstwy wodonośnej.

Tabela 4. Przykład obliczeń zmiany retencji na obiekcie melioracyjnym drenarskim

Nazwa obiektu objętego przedsięwzięciem: Przykładowy obiekt drenarski							
Wielkość	Sym- bol	Nazwa obszaru objętego melioracją					
		A	B	C	D	E	F
Charakterystyka							
Powierzchnie obszarów A, B, ... objętych melioracją, ha	f	25,00	50,00	25,00	10,00		
Współczynnik porowatości, -	$n_{\max}$	0,2	0,2	0,2	0,2		
Zasięg podsiąku kapilarnego, m	z_p	1,00	1,00	1,00	1,00		
Obliczanie zmiany retencji glebowo-gruntowej							
Średnia głębokości do zw. w. gruntowej na obszarach przed wykonaniem melioracji, m	z_0	0,50	1,00	1,00	1,00		
Odciekalność, m	δ_0	0,025	0,100	0,100	0,100		
Średnia głębokość do zw. w. gruntowej na obszarach po wykonaniu melioracji, m	z_1	1,00	0,50	0,00	0,30		
Odciekalność, m	δ_1	0,100	0,025	0,000	0,009		
Zmiany retencji glebowo-gruntowej na obszarach, mm	ΔR	-75	75	100	91		
Zmiany retencji glebowo-gruntowej na obszarach, m ³	ΔR	-18 750	37 500	25 000	9 100		
Podsumowanie: zmiana retencji glebowo-gruntowej na obiekcie	52 850	m ³	48	mm	Powierzchnia, ha		110

Jednym z prostych wzorów stosowanych do obliczenia maksymalnego teoretycznego stanu wody gruntowej w środku łanu, przy danym parowaniu jest wzór Ostromęckiego (*J. Ostromęcki, 1973 Podstawy melioracji nawadniających. PWN*), który można przedstawić następująco:

$$(z_1 - z_0) = 1,27 \left(\sqrt{H_0^2 - \frac{E \cdot l^2}{n \cdot k}} - H_1 \right)$$

gdzie:

$z_1 - z_0$ – średnie podniesienie zwierciadła wody gruntowej na danym obszarze, m

H_0, H_1 – stany wody gruntowej ponad poziomem odniesienia odpowiednio w rowie/drenie i w środku łanu, m,

E – średnia wartość intensywności parowania z zasobów wód gruntowych, m/d,

k – współczynnik filtracji, m/d,

l – połowa rozstawy rowów/drenów, m,

n – współczynnik o wartości 1,5 – 2.

Współczynnik 1,27 jest wyprowadzony przy założeniu, że zwierciadło wody gruntowej między rowami/drenami przyjmuje postać elipsy.

Dane wejściowe:

1. Granice oraz powierzchnie obszarów A, B, C, ... objętych inwestycją melioracyjną, ha,
2. Średnia rozstawa rowów/drenów na obszarach, przed i po realizacji inwestycji melioracyjnej, m,
3. Średni spadek rowów/drenów na obszarach, przed i po realizacji inwestycji melioracyjnej, ‰,
4. Liczba budowli/urządzeń piętrzących wodę w rowach/drenach na obszarach, przed i po realizacji inwestycji melioracyjnej, -,
5. Średnia wysokość piętrzeń wody na budowlach/urządzeniach na obszarach, przed i po realizacji inwestycji melioracyjnej, m,
6. Średnia głębokości do zw. w. gruntowej na obszarach, przed i po realizacji inwestycji melioracyjnej, m.

Dane wyjściowe:

Obliczony zostanie **sumaryczny przyrost retencji melioracyjnej** dla wszystkich inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 w skali wybranych zlewni oraz całej Polski. Wybór zlewni zostanie dokonany na podstawie lokalizacji inwestycji z działania 4.3. **Sumaryczny przyrost retencji melioracyjnej**, wraz z sumarycznym przyrostem retencji korytowej (kryterium 1), z sumarycznym przyrostem retencji zbiornikowej (kryterium 2) oraz z sumarycznym przyrostem retencji glebowo-gruntowej (kryterium 4), będzie stanowił wartość liczbową **całkowitego potencjału retencyjnego**, jaki powstanie na skutek realizacji ww. inwestycji.

Średni roczny odpływ wód powierzchniowych wynosi w Polsce ok. 62 mld m³, z czego retencjonuje się jedynie 7,5%, tzn. około 4,65 mld m³. Z tą pojemnością, zostanie porównany **sumaryczny przyrost retencji melioracyjnej**, każdy z trzech pozostałych sumarycznych przyrostów retencji (korytowej, zbiornikowej, glebowo-gruntowej), jak i **całkowity potencjał retencyjny** powstały na skutek realizacji wszystkich inwestycji z działania 4.3. Takie porównanie pozwoli określić, o ile więcej % (ponad aktualne 7,5%) może być retencjonowanych wód powierzchniowych i gruntowych w skali całej Polski. Dodatkowo, obliczony zostanie stosunek [%] **sumarycznego przyrostu retencji melioracyjnej** z wszystkich inwestycji z danej zlewni do średniej rocznej objętości odpływu z danej zlewni.

Kryterium 5. Zwiększenie retencji krajobrazowej (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których obszary oddziaływania będą obejmowały istniejące lub projektowane elementy krajobrazu należące do grupy kształtującej tzw. retencję krajobrazową.

Grupa takich elementów została zdefiniowana z następujących elementów środowiska:

- strefy buforowe (obszary porośnięte roślinnością trwałą, użytki ekologiczne, zadrzewienia śródpolne)
- mokradła
- naturalne bezodpływowe oczka wodne (o powierzchni $0,4 \div 1,4$ ha)
- starorzecza odcięte od aktualnego koryta rzeki.

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikiem rezultatu dla tego kryterium oceny jest suma powierzchni łącznej elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję krajobrazową [m^2] i jej udział w powierzchni obszaru oddziaływania inwestycji [%].

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- analiza map topograficznych lub BDOT (Baza Danych Obiektów Topograficznych),
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza baz danych opracowanych przez ITP-PIB (OBDOMR i GIS Mokradła).

Opis wybranych metod:

Zwiększenie retencji krajobrazowej nastąpi na skutek oddziaływania wszelkich inwestycji powodujących wzrost uwilgotnienia w gruncie oraz hamowanie odpływu z terenów użytkowanych rolniczo. Elementy środowiska z grupy zdefiniowanej w tym kryterium, nie zaliczają się bezpośrednio do grupy tych inwestycji, które będą powstawały w ramach działania 4.3. Jedynym wyjątkiem są strefy buforowe, jeżeli będą projektowane przy okazji powstawania zbiorników retencyjnych, zbiorników kopanych czy pracach na rzekach. W większości przypadków, te elementy środowiska istnieją już na danym terenie i wykonanie inwestycji wpłynie pozytywnie na ich potencjał retencyjny, np. na skutek piętrzenia na jazie, woda gruntowa wypełni koryto starorzecza lub oczka wodnego.

W zależności od sumy powierzchni łącznej elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję krajobrazową i jej udziału w powierzchni obszaru oddziaływania inwestycji, wykonana zostanie ocena z podziałem na pięć grup charakteryzujących się:

- bardzo dużym udziałem elementów zwiększających retencję krajobrazową ($U \geq 40\%$)
- dużym udziałem elementów zwiększających retencję krajobrazową ($25\% \leq U < 40\%$)
- przeciętnym udziałem elementów zwiększających retencję krajobrazową ($15\% \leq U < 25\%$)
- małym udziałem elementów zwiększających retencję krajobrazową ($5\% \leq U < 15\%$)

- bardzo małym udziałem elementów zwiększających retencję krajobrazową ($U < 5\%$).

Dane wejściowe:

Powierzchnia każdego elementu środowiska zwiększającego potencjalną retencję krajobrazową, znajdująca się w obszarze oddziaływania inwestycji z działania 4.3.

Dane wyjściowe:

W procesie ustalania sumy powierzchni łącznej wszystkich elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję krajobrazową i jej udziału w powierzchni obszaru oddziaływania danej inwestycji, zostanie wykonana tabela zawierająca sumę powierzchni każdego typu elementu środowiska (strefy buforowe, mokradła, itd.) i jego udział w powierzchni obszaru oddziaływania danej inwestycji. Powyższe zestawienia będzie podstawą do sporządzenia tabeli łącznej, sumującej powierzchnie wszystkich elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję krajobrazową dla obszarów wybranych zlewni. Wybór zlewni zostanie dokonany na podstawie lokalizacji inwestycji z działania 4.3. Ostatecznym wynikiem będzie suma powierzchni łącznej wszystkich elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję krajobrazową na skutek realizacji inwestycji z działania 4.3 w skali całej Polski.

Kryterium 6. Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych (IUNG-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 10 – *Działanie rolno-środowiskowo-klimatyczne*.

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikami rezultatu dla tego kryterium oceny są:

- Procent gruntów rolnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej (wskaźniki rezultatu R8/T10),
- Procent gruntów leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- analiza baz danych opracowanych przez IUNG-PIB (system monitoringu zalań i podtopień IUNG-PIB),
- analiza danych pozyskanych z ARiMR,
- analiza zdjęć satelitarnych Sentinel.

Opis wybranych metod:

Działania rolno-środowiskowo-klimatyczne, na które składają się następujące pakiety, bezpośrednio związane z wodą:

- Pakiet 9. Retencjonowanie wody, gdzie płatność jest przyznawana do powierzchni trwałych użytków zielonych lub obszarów przyrodniczych, zalanej lub podtopionej, przy czym zalanie lub podtopienie rozumiane są jako stan wysycenia profilu glebowego wodą na poziomie przynajmniej 80%, przez co najmniej 12 następujących po sobie dni w okresie od dnia 1 maja do dnia 30 września na podstawie monitoringu zalań i podtopień IUNG-PIB.

Do płatności rolno-środowiskowo-klimatycznego kwalifikują się także (art. 32 ust. 2 rozporządzenia (UE) nr 1307/2013):

- rowy do 2 metrów szerokości,
- oczka wodne o łącznej powierzchni mniejszej niż 100 m².

W zależności od sumy powierzchni łącznej elementów środowiska zwiększających potencjalną retencję i jej udziału w powierzchni obszaru gospodarstwa, wykonana zostanie ocena z podziałem na pięć grup charakteryzujących się:

- bardzo dużym udziałem gruntów rolnych lub leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej ($U \geq 40\%$)
- dużym udziałem gruntów rolnych lub leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej ($25\% \leq U < 40\%$)
- przeciętnym udziałem gruntów rolnych lub leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej ($15\% \leq U < 25\%$)
- małym udziałem gruntów rolnych lub leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej ($5\% \leq U < 15\%$)
- bardzo małym udziałem gruntów rolnych lub leśnych [%] w ramach umów o zarządzanie dotyczących poprawy gospodarki wodnej ($U < 5\%$).

Kryterium 7. Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów (IUNG-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 8 – *Inwestycje w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów.*

Wskaźniki rezultatu:

Wskaźnikami rezultatu dla tego kryterium oceny są:

- Procent [%] zmniejszenia wskaźnika odpływu powierzchniowego dla danego stanowiska pomiarowego w stosunku do % przyrostu powierzchni lasów,
- Procent [%] zwiększenia retencji glebowej w okresie kwiecień-październik w stosunku do % przyrostu powierzchni lasów,
- Procent [%] zmniejszenia powierzchni dotkniętych silnym stresem wodnym w zlewni w okresie kwiecień-październik w stosunku do % przyrostu powierzchni lasów.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- analiza modelu terenu DEM o rozdzielczości 10 m – 30 m,
- analiza mapy glebowo-rolniczej oraz mapy użytkowania terenu,
- analiza danych pozyskanych z ARiMR (ewidencja działek, obrębów itd.),
- analiza danych hydrologicznych i meteorologicznych,
- modelowanie symulacyjne.

Opis wybranych metod:

Metoda będzie bazować na ocenie, pod kątem odpowiedzi hydrologicznej na zmianę użytkowania za pomocą modeli symulacyjnych, skalibrowanych na przepływ w Państwowym Monitoringu Środowiska (PMŚ), w porównaniu ze stanem wyjściowym.

Kryterium 8. Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – Zarządzanie zasobami wodnymi, których:

- obszar oddziaływania będzie obejmował istniejące lub projektowane systemy melioracyjne: sieci drenarskie i rowy nawadniająco-odwadniające,
- realizacja będzie skutkowała wzrostem wilgotności gruntu w obszarze oddziaływania, a co za tym idzie przyrostem retencji glebowo-gruntowej.

Wskaźniki oddziaływania:

Wskaźnikiem oddziaływania (wpływu) dla tego kryterium oceny jest *spadek poboru wody do nawodnień*. Do oceny wpływu netto dla tego wskaźnika oddziaływania, wykorzystany będzie następujący wskaźnik pomocniczy (rezultatu):

- suma [m³ lub mm]: *przyrostu retencji glebowo-gruntowej (z Kryterium 3) i przyrostu retencji melioracyjnej (z Kryterium 4)*.

Powyższa definicja wskaźnika pomocniczego wynika z faktu, iż można z dużym prawdopodobieństwem sukcesu, przyrównać prognozowany *spadek poboru wody do nawodnień*

z ilością wody, jakiej rolnicy nie będą musieli pobierać z zasobów wód powierzchniowych i podziemnych w konsekwencji realizacji inwestycji z działania 4.3. zwiększających retencję glebowo-gruntową i melioracyjną.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- bezpośrednie pomiary geodezyjne (niwelacyjne) i hydrogeologiczne w otworach wiertniczych,
- analiza map topograficznych z warstwicami, map pierwszej warstwy wodonośnej, szczegółowych map geologicznych,
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza opracowań hydrologicznych,
- analiza bazy danych opracowanej przez ITP-PIB (CBDOM),
- analiza danych GUS.

Opis wybranych metod:

Obliczenie przyrostu retencji glebowo-gruntowej zgodnie z metodyką opracowaną dla Kryterium 3 oraz przyrostu retencji melioracyjnej zgodnie z metodyką opracowaną dla Kryterium 4, pozwoli na oszacowanie sumy: przyrostu retencji glebowo-gruntowej powstałej na skutek piętrzenia na cieku/zbiorniku oraz przyrostu retencji glebowo-gruntowej pod wpływem urządzeń melioracji wodnych. Suma ta stanowi retencję wód powierzchniowych i gruntowych, którą przyrównać można do pojemności zaoszczędzonej wody, jakiej rolnicy nie będą musieli pobierać do nawodnień z zasobów wód powierzchniowych / podziemnych.

Dane wejściowe:

Dane wejściowe stanowią sumę danych wejściowych z Kryterium 3 oraz Kryterium 4.

Dane wyjściowe:

Obliczona zostanie **suma przyrostu retencji glebowo-gruntowej oraz przyrostu retencji melioracyjnej** dla wszystkich inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 w skali wybranych województw oraz całej Polski. Wybór województw zostanie dokonany na podstawie lokalizacji inwestycji z działania 4.3.

Wg danych z GUS, w 2023 roku, pobór wód do *nawodnień w rolnictwie i leśnictwie oraz napełniania i uzupełniania stawów rybnych* wyniósł w Polsce 833,8 mln m³. Z tą pojemnością, zostanie porównana **suma przyrostu retencji glebowo-gruntowej oraz przyrostu retencji melioracyjnej** dla wszystkich inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3. Takie porównanie pozwoli określić, jaki % z aktualnego poboru wód do nawodnień, mógłby zostać teoretycznie zastąpiony dzięki przyrostowi retencji glebowo-gruntowej i melioracyjnej w skali całej Polski.

Dane GUS za 2023 rok, przedstawiają również dane dotyczące poboru wód do *nawodnień w rolnictwie i leśnictwie oraz napełniania i uzupełniania stawów rybnych* w podziale na województwa. Dla każdego z województw, w którym zrealizowano inwestycje z działania 4.3, zostanie obliczony stosunek [%] sumy przyrostu retencji glebowo-gruntowej i melioracyjnej, do aktualnego poboru wód do nawodnień w danym województwie. Na podstawie otrzymanych wyników, zostanie wykonana 5-cio stopniowa klasyfikacja województw określająca potencjał województwa do *spadku poboru wody do nawodnień*, na skutek realizacji inwestycji z działania 4.3. Przedziały procentowe charakteryzujące każdy stopień ww. potencjału, zostaną określone na etapie wykonywania oceny.

Kryterium 9. Poprawa jakości wody (IUNG-PIB + ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działań:

- 4.1 – *Inwestycje w gospodarstwach położonych na obszarach Natura 2000*
- 4.1 – *Inwestycje mające na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych*
- 8 – *Inwestycje w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów*
- 11 – *Rolnictwo ekologiczne*
- 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których:
 - meritum stanowi budowa, przebudowa lub remont przepływowego zbiornika retencyjnego
 - realizacja będzie związana z budową, przebudową lub remontem budowli piętrzących lub urządzeń melioracji wodnych na rzekach.

Wskaźniki oddziaływania:

Wskaźnikami oddziaływania (wpływu) dla tego kryterium oceny są:

- 1) zmniejszenie ładunków biogenów (ładunki N, P) w wodach powierzchniowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniami: a) 4.1 b) 8 (IUNG-PIB)
- 2) zmniejszenie ładunków biogenów (ładunki N, P, osady) w wodach powierzchniowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniem 11 (IUNG-PIB)
- 3) zmniejszenie ładunków biogenów (ładunki N) w wodach gruntowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniami: a) 4.1 b) 8 c) 11 (IUNG-PIB)
- 4) zmniejszenie ładunków pestycydów w wodach powierzchniowych w stosunku do zmiany powierzchni objętej działaniem 11 (IUNG-PIB)
- 5) spadek stężenia azotanów i fosforanów (wskaźnik oddziaływania nr 11) (ITP-PIB)

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

Dla wskaźników oddziaływania nr 1, 2, 3, 4:

- analiza modelu terenu DEM o rozdzielczości 10 m – 30 m,
- analiza mapy glebowo-rolniczej oraz mapy użytkowania terenu,
- monitoring jakości gleb Polski,
- analiza danych pozyskanych z ARiMR (ewidencja działek, obrębów itd.),
- analiza danych hydrologicznych i meteorologicznych,
- analiza danych dotyczących monitoringu jakości wód powierzchniowych dla jednolitych części wód powierzchniowych,
- analiza danych dotyczących monitoringu jakości wód podziemnych dla jednolitych części wód podziemnych,
- modelowanie symulacyjne – model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) wraz z narzędziami do kalibracji na danych rzeczywistych, np. SWAT-CUP.

Dla wskaźnika oddziaływania nr 5:

- analiza wyników obliczeń zmian położenia zwierciadła wody gruntowej na skutek realizacji inwestycji z działania 4.3,
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- pomiary jakości wody w terenie.

Opis wybranych metod:

Metodyka IUNG-PIB

Ze względu na względnie rozproszoną sieć monitoringu PMŚ, proponuje się wykorzystanie modeli symulacyjnych ustawionych na mniejsze zlewnie, skalibrowane do punktów poboru oznaczeń PMŚ.

Do wykonania oceny zostanie wykorzystany Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) wraz z narzędziami do kalibracji na danych rzeczywistych, np. SWAT-CUP. Wymogiem powinna być kalibracja modelu i walidacja tej kalibracji wg wskaźników przewidzianych w opisie modelu tj. wskaźnik Nash-Sutclif $N > 0,6$.

We wszystkich przypadkach wyniki należy rozpatrywać w podziale hydrologicznym nie administracyjnym.

Metodyka ITP-PIB

Do oceny wpływu netto dla wskaźnika oddziaływania nr 5, wykorzystana zostanie wiedza ekspercka pracowników ITP-PIB bazująca na wynikach międzynarodowych badań dotyczących wpływu budowli piętrzących wodę, urządzeń melioracji wodnych oraz zbiorników retencyjnych na poprawę jakości wód i wzrost plonowania na gruntach rolnych. Zastosowana zostanie zasada analogii do wyników badań jakości wody w obszarze oddziaływania już istniejących inwestycji. Takie badania

przeprowadzali m.in. Nyc i Pokładek na rowach melioracyjnych z zastawkami (2009), Owenius i van der Nat na stawach sedymentacyjnych (2011), Sang-Jae Lee i Kwang-Guk (2019) oraz Włodarczyk (2006) na jazach piętrzących.

Opcjonalnie, do analizy wpływu budowli piętrzących wodę, urządzeń melioracji wodnych oraz zbiorników retencyjnych na poprawę jakości wód, posłużą wyniki terenowych pomiarów stężenia azotanów i fosforanów ze stanowisk pomiarowych zlokalizowanych:

- w korycie rzeki poniżej i powyżej inwestycji w przypadku budowli piętrzących i urządzeń melioracji wodnych (w 3 punktach pomiarowych poniżej i w 3 punktach pomiarowych powyżej piętrzenia – w odległościach: 100 m, 200 m i 300 m od budowli)
- w korycie rzeki poniżej budowli upustowej i w czaszy zbiornika (powyżej budowli upustowej) w przypadku przepływowych zbiorników retencyjnych (w 3 punktach pomiarowych poniżej i w 3 punktach pomiarowych powyżej budowli upustowej – w odległościach: 100 m, 200 m i 300 m od budowli).

Literatura:

NYC K., POKŁADEK R. 2009. Eksploatacja systemów melioracyjnych podstawą racjonalnej gospodarki wodnej w środowisku przyrodniczo-rolniczym. Współczesne Problemy Inżynierii Środowiska 14 Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego Wrocław, ss. 87.

OWENIUS S., VAN DER NAT D. 2011. Measures for water protection and nutrient reduction. [online]. Rapport nr 2011-0314-A. WRS Uppsala AB 2011-05-26 ss. 57.

SANG-JAE LEE, KWANG-GUK AN. 2019. Influence of Weir Construction on Chemical Water Quality, Physical Habitat, and Biological Integrity of Fish in the Geum River, South Korea. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 28, No. 4 (2019), 2175-2186. DOI: 10.15244/pjoes/91843.

WŁODARCZYK A. 2006. Wpływ jazu w Konstancinie-Jeziornej na kształtowanie się jakości i ilości zasobów wodnych oraz roślinności wodnej rzeki Jeziorki. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska. Rocznik 2006, Tom Vol. 15, No. 2. Strony 121-129.

Dane wejściowe:

Metodyka ITP-PIB

Dane wejściowe stanowią:

1. wyniki obliczeń zmian położenia zwierciadła wody gruntowej na skutek realizacji wszystkich inwestycji z działania 4.3 (z Kryteriów 2, 3, 4)
2. liczba i rodzaj zrealizowanych budowli piętrzących, urządzeń melioracji wodnych, zbiorników retencyjnych oraz wysokości piętrzenia na ww. inwestycjach,

3. opcjonalnie - wyniki pomiarów jakości wody, tzn. stężenia azotanów i fosforanów, ze stanowisk zgodnych z opisem metodyki.

Dane wyjściowe:

Metodyka ITP-PIB

Analiza danych wejściowych 1 i 2, pozwoli na sklasyfikowanie wszystkich zrealizowanych inwestycji pod kątem zależności: wysokości piętrzenia wody gruntowej od wysokości piętrzenia wody w cieku / zbiorniku. Taka klasyfikacja będzie podstawą do określenia wpływu poszczególnych inwestycji na spadek stężeń azotanów i fosforanów. Wpływ ten będzie określony na zasadzie analogii do wyników badań jakości wody w obszarach oddziaływania już istniejących budowli piętrzących i urządzeń melioracji wodnych oraz w zbiornikach retencyjnych.

W przypadku braku literaturowych badań do zastosowania zasady analogii, do określenia ww. wpływu posłużą wyniki dziewięciomiesięcznych badań jakości wody z obszarów oddziaływania wybranych, zrealizowanych inwestycji z działania 4.3.

Ostatecznym wynikiem oceny będzie 5-stopniowa klasyfikacja dynamiki *spadku stężeń azotanów i fosforanów*.

Kryterium 10. Stabilizacja przepływów w rzekach (ITP-PIB)

Wybrane działania:

Kryterium będzie wykorzystywane do oceny inwestycji wykonanych w ramach działania 4.3 – *Zarządzanie zasobami wodnymi*, których meritum stanowi budowa, przebudowa lub remont budowli piętrzącej, urządzenia melioracji wodnych lub zbiornika wodnego zlokalizowanych na rzekach.

Wskaźniki oddziaływania:

Wskaźnikiem oddziaływania (wpływu) dla tego kryterium oceny jest *zmniejszenie zmienności natężeń przepływu*.

Metody badawcze:

Kryterium będzie charakteryzowane następującymi metodami:

- pomiary hydrometryczne stanów wody i natężenia przepływów w terenie,
- pomiary meteorologiczne,
- analiza dokumentacji projektowych lub powykonawczych,
- analiza opracowań i danych hydrologicznych oraz meteorologicznych.

Opis wybranych metod:

Stabilizacja przepływów rozumiana jest jako zmniejszenie naturalnej fluktuacji przepływów (podwyższenie przepływów niżówkowych a redukcję przepływów powodziowych), co jest pożądane i korzystne z gospodarczego punktu widzenia, lecz nie zawsze jest korzystne dla świata flory i fauny.

Obiekty przewidziane do realizacji w ramach działania 4.3, mogą być zgrupowane w dwóch kategoriach:

- inwestycje o lokalnym wpływie na przepływy w ciekach (np. zbiorniki wodne, jazy, przepusty z piętrzeniem)
- inwestycje niemające wpływu na przepływy (przepusty, progi, bystrotoki).

Do oceny wpływu netto dla tego wskaźnika oddziaływania, dla pierwszej z ww. kategorii inwestycji, wykorzystana będzie wiedza ekspercka oraz następujące wskaźniki pomocnicze bazujące na wynikach pomiarów hydrometrycznych:

- zmiana wartości przepływów w wybranych okresach (np. wpływ zbiornika na przepływy w okresie wezbraniowym, wpływ piętrzenia na jazy na przepływy okresu niżówkowego),
- zmiana wybranych przepływów charakterystycznych: NQ, SQ i WQ spowodowanych inwestycjami z działania 4.3 PROW 2014-2020.

Wpływ zaimplementowania obiektów małej retencji przewidzianych w działaniu 4.3. PROW 2014-2020, zaliczonych do kategorii o lokalnym oddziaływaniu (tj. stawy, zbiorniki, jazy), na przepływy w ciekach poniżej tych inwestycji rozpatrywać należy w oparciu o bilans wodny zlewni po profil poniżej inwestycji.

W przypadku określania zasobów średnich, których miarą jest przepływ średni SQ jak i warstwa odpływu H, rozpatrywać należy wartości (zmiany) średnich rocznych elementów bilansu wodnego ($H = P - E$, gdzie: H – średnia roczna warstwa odpływu, P – średnia roczna warstwa opadu, E – średnia roczna warstwa parowania terenowego).

W przypadku przepływów niskich (w granicach NNQ i SNQ), zmiany przepływów rozpatrywać należy w bardzo krótkich okresach niżówkowych (jedno-, bądź kilkudniowych: $Q_o = Q_d - Q_{ep}$; gdzie Q_o – przepływ w cieku po spiętrzeniu wody przez obiekt małej retencji, Q_d – przepływ naturalny przy braku spiętrzenia; Q_{ep} – ubytek przepływu w wyniku wzrostu parowania terenowego wywołanego obiektem małej retencji).

W przypadku przepływów maksymalnych rozpatrywać należy okres zdarzenia opad-odpływ transformowanego przez zbiornik (zwykle kilkudziesięciu godzin: $Q_d(t) - Q_o(t) = dR/dt$, gdzie: $Q_d(t)$ – hydrogram dopływu do zbiornika wyznaczony z modelu opad-odpływ, $Q_o(t)$ – wyznaczany hydrogram odpływu ze zbiornika, przy znanym hydrogramie dopływu i znanych charakterystykach urządzeń upustowych i zbiornika, dR/dt – zmiany retencji w czasie, zależne od charakterystyki zbiornika).

Miarą wpływu inwestycji na przepływ maksymalny (np. $Q_{max1\%}$) będzie zarówno różnica bezwzględna i różnica względna przepływów maksymalnych z hydrogramu odpływu i hydrogramu dopływu do zbiornika.

Z uwagi na możliwość prowadzenia tylko krótkookresowych pomiarów (max. 9 miesięcy) oraz ograniczony budżet ewaluacyjny, istnieje możliwość, że dla części inwestycji konieczne będzie znalezienie inwestycji analogicznych, których posiadane dane pomiarowe hydrometeorologiczne pozwolą na ustalenie wpływu na stabilizację przepływów w rzekach, zgodnie z zasadą analogii hydrologicznej.

Poszukiwane inwestycje, powinny być analogiczne pod względem:

- typu inwestycji i wysokości piętrzenia wody,
- powierzchni zlewni zasilającej ciek / zbiornik i zbliżonym użytkowaniem terenu zlewni, a tym samym zbliżonym średnim odpływie jednostkowym ze zlewni,
- ukształtowania zlewni: spadków dna cieku i spadków terenu,
- pojemności, w przypadku zbiorników zaporowych.

Wpływ wszystkich zrealizowanych inwestycji na *stabilizację przepływów w rzekach* zostanie określony na podstawie wyników pomiarów hydrometrycznych / meteorologicznych lub ewentualnie na podstawie analogii z już istniejącymi budowlami piętrzącymi, urządzeniami melioracji wodnych i zbiornikami retencyjnymi.

Literatura:

BANASIK K, GÓRSKI D., IGNAR S., 2000. Modelowanie wezbrań opadowych i jakości odpływu z małych nieobserwowanych zlewni rolniczych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

BYCZKOWSKI A., 1999. Hydrologia, t.I i t.II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

PIETRAK M., BANASIK K., 2009. Redukcja fali wezbraniowej Potoku Służewieckiego za pomocą małych zbiorników. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 18, 4[46]

BANASIK K., KOLASIŃSKA K., KIERASIŃSKI B. 2022. Badania zmienności charakterystyk hydrologicznych w małej nizinnej zlewni rolniczej z uwzględnieniem zmian klimatycznych. Raport z badań wykonanych w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym - Państwowym Instytucie Badawczym w Falentach w 2022 r.

BANASIK K., KIERASIŃSKI B. 2023. Opracowanie rozkładu zmienności zasobów odnawialnych w roku średnim, zwyczajnym i średnio suchym w zlewni badawczej Instytutu (rzeki Mławki) na podstawie wieloletnich badań empirycznych (1991-2020). Raport z badań wykonanych w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym - Państwowym Instytucie Badawczym w Falentach w 2023 r.)

Dane wejściowe:

Dane wejściowe stanowią:

1. dane z pomiarów hydrometrycznych (stanów wody oraz natężenia przepływu) ze stacji hydrologicznych oraz dane z pomiarów meteorologicznych,

2. liczba i rodzaj zrealizowanych budowli piętrzących, urządzeń melioracji wodnych, zbiorników retencyjnych oraz wysokości piętrzenia na inwestycjach z działania 4.3,
3. dane hydrologiczne i meteorologiczne z opracowań ITP-PIB i IMGW-PIB,
4. dane z operatów wodnoprawnych, dokumentacji projektowych i powykonawczych, instrukcji gospodarowania wodą istniejących budowli / urządzeń / zbiorników.

Dane wyjściowe:

Analiza danych pomiarowych meteorologicznych i hydrometrycznych w obszarach oddziaływania inwestycji z działania 4.3 oraz ewentualnie dane z inwestycji analogicznych, będą podstawą do określenia wpływu poszczególnych inwestycji na stabilizację przepływów w rzekach.

Ostatecznym wynikiem oceny będzie 5-stopniowa klasyfikacja potencjału do *stabilizacji przepływów w rzekach* charakteryzująca inwestycje z działania 4.3.

6. Określenie źródeł danych

Kryterium 1. Zwiększenie retencji korytovej (ITP-PIB)

Źródła danych wejściowych:

1. Profil podłużny cieku na odcinku spodziewanej cofki, z lokalizacją przekrojów poprzecznych cieku z zaznaczonymi rzędnymi dna, rzędnymi terenu przyległego do cieku (prawy i lewy brzeg), charakterystycznymi głębokościami i nachyleniami skarp, powinny być określone na podstawie bezpośrednich pomiarów geodezyjnych (niwelacyjnych) lub na podstawie ogólnodostępnych map topograficznych z warstwicami. Mapy topograficzne powinny zostać uzyskane z serwisu internetowego Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGiK) – mapy.geoportal.gov.pl. Instrukcja korzystania z map topograficznych została zamieszczona w Załączniku 2.
2. Granica zlewni wraz z polem jej powierzchni F (km²) w przekroju planowanego spiętrzenia wody, powinna zostać określona na podstawie dostępnych map topograficznych z warstwicami.
3. Mapa średniego niskiego odpływu jednostkowego SN_q powinna zostać pozyskana z Atlasu Hydrologicznego Polski (J. Stachy, 1986) lub z [Załącznika 1](#).
4. Rzędna Normalnego Poziomu Piętrzenia (NPP) dla budowli piętrzących powinna zostać pozyskana z Zarządu Zlewni z dokumentacji projektowych lub powykonawczych inwestycji lub z tzw. instrukcji gospodarowania wodą.

Kryterium 2. Zwiększenie retencji zbiornikowej (ITP-PIB)

Źródła danych wejściowych:

W przypadku wykorzystania oprogramowania komputerowego Retencja.exe:

1. Charakterystyki hydrogeologiczne (glebowo-gruntowe) panujące w profilach, powinny zostać określone na podstawie następujących źródeł:
 - rzędne terenu - na podstawie map topograficznych z warstwicami ([Załącznik 2](#)) lub na podstawie bezpośrednich pomiarów geodezyjnych (niwelacyjnych).
 - rzędne podstawy (spągu) warstwy wodonośnej – na podstawie *mapy pierwszej warstwy wodonośnej*. Mapa powinna zostać pozyskana z serwisu internetowego Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB (PIG-PIB) – geologia.pgi.gov.pl. Instrukcja pobierania *mapy pierwszej warstwy wodonośnej* została zamieszczona w [Załączniku 2](#). Opcjonalnie mogą być wykonywane bezpośrednie pomiary hydrogeologiczne w otworach wiertniczych.
 - współczynnik filtracji warstwy wodonośnej – na podstawie tabeli Z1 z [Załącznika 1](#), po wcześniejszej analizie *szczegółowej mapy geologicznej*. Mapa powinna zostać pozyskana z serwisu internetowego Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB (PIG-PIB) – geologia.pgi.gov.pl. Instrukcja pobierania *szczegółowej mapy geologicznej* została zamieszczona w [Załączniku 2](#). Opcjonalnie mogą być wykonywane bezpośrednie pomiary hydrogeologiczne w otworach wiertniczych.
2. Mapa średniego niskiego odpływu jednostkowego SN_q powinna zostać pozyskana z Atlasu Hydrologicznego Polski (J. Stachy, 1986) lub z [Załącznika 1](#).
3. Granica zlewni w pobliżu piętrzenia wody w zbiorniku wraz z polem jej powierzchni (km²) i wyznaczona na tej podstawie odległość od zbiornika do granicy zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego, powinny zostać określone na podstawie dostępnych map topograficznych z warstwicami ([Załącznik 2](#)).
4. Rzędna zwierciadła wody spiętrzonej oraz rzędna zwierciadła wody w zbiorniku bez piętrzenia w punkcie początkowym przekroju hydrogeologicznego, powinny zostać pozyskane z Zarządu Zlewni z dokumentacji projektowych lub powykonawczych inwestycji lub z tzw. instrukcji gospodarowania wodą.

W przypadku analizy dokumentacji / opracowań:

Pojemność martwa zbiornika retencyjnego, pojemność zbiornika retencyjnego przy NPP przed wykonaniem inwestycji, pojemność zbiornika retencyjnego przy NPP po wykonaniu inwestycji powinny zostać pozyskane z Zarządów Zlewni z dokumentacji projektowych lub powykonawczych inwestycji lub z tzw. instrukcji gospodarowania wodą. W przypadku zbiorników kopanych pojemność całkowita zbiornika powinna zostać określona na podstawie dokumentacji pozyskanej od inwestora, czyli z gminy.

Kryterium 3. Zwiększenie retencji glebowo-gruntowej (ITP-PIB)

Źródła danych wejściowych:

1. Charakterystyki hydrogeologiczne (glebowo-gruntowe) panujące w profilach, powinny zostać określone na podstawie następujących źródeł:
 - rzędne terenu - na podstawie map topograficznych z warstwicami ([Załącznik 2](#)) lub na podstawie bezpośrednich pomiarów geodezyjnych (niwelacyjnych).
 - rzędne podstawy (spągu) warstwy wodonośnej – na podstawie *mapy pierwszej warstwy wodonośnej*. Mapa powinna zostać pozyskana z serwisu internetowego Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB (PIG-PIB) – geologia.pgi.gov.pl. Instrukcja pobierania *mapy pierwszej warstwy wodonośnej* została zamieszczona w [Załączniku 2](#). Opcjonalnie mogą być wykonywane bezpośrednie pomiary hydrogeologiczne w otworach wiertniczych.
 - współczynnik filtracji warstwy wodonośnej – na podstawie tabeli Z1 z [Załącznika 1](#), po wcześniejszej analizie *szczegółowej mapy geologicznej*. Mapa powinna zostać pozyskana z serwisu internetowego Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB (PIG-PIB) – geologia.pgi.gov.pl. Instrukcja pobierania *szczegółowej mapy geologicznej* została zamieszczona w [Załączniku 2](#). Opcjonalnie mogą być wykonywane bezpośrednie pomiary hydrogeologiczne w otworach wiertniczych.
2. Mapa średniego niskiego odpływu jednostkowego SN_q powinna zostać pozyskana z Atlasu Hydrologicznego Polski (J. Stachy, 1986) lub z [Załącznika 1](#).
3. Granica zlewni w pobliżu piętrzenia wody w cieku/zbiorniku wraz z polem jej powierzchni (km²) i wyznaczona na tej podstawie odległość od cieku/zbiornika do granicy zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego, powinny zostać określone na podstawie dostępnych map topograficznych z warstwicami ([Załącznik 2](#)).
4. Rzędna zwierciadła wody spiętrzonej oraz rzędna zwierciadła wody w cieku/zbiorniku bez piętrzenia w punkcie początkowym przekroju hydrogeologicznego, powinny zostać pozyskane z Zarządu Zlewni z dokumentacji projektowych lub powykonawczych inwestycji lub z tzw. instrukcji gospodarowania wodą.

Kryterium 4. Zwiększenie retencji melioracyjnej (ITP-PIB)

W odniesieniu do sytuacji zarówno przed, jak i po realizacji inwestycji melioracyjnej, granice oraz powierzchnie obszarów A, B, C, ... objętych inwestycją, średnie rozstawy rowów/drenów na ww. obszarach, średnie spadki rowów/drenów na ww. obszarach, liczby budowli/urządzeń piętrzących wodę w rowach/drenach na ww. obszarach, średnie wysokości piętrzeń wody na budowlach/urządzeniach na ww. obszarach, średnie głębokości do zw. w. gruntowej na ww.

obszarach, powinny być pozyskane z Zarządów Zlewni z dokumentacji projektowych lub powykonawczych inwestycji z działania 4.3., od PGW WP z Centralnej Bazy Danych Obiektów Melioracyjnych (CBDOM) opracowanej w ITP-PIB w latach 2011-2015 lub z zasobów planowanej w ramach działania 3.3.1 KPO inwentaryzacji systemów melioracyjnych.

Opcjonalnym źródłem danych/informacji mogą być:

- 1) rolnicy indywidualni posiadający grunty z rowami nawadniająco-odwadniającymi,
- 2) spółki wodne lub związki spółek wodnych, opiekujące się rowami nawadniająco-odwadniającymi na danym obszarze.

Mapy pierwszej warstwy wodonośnej, szczegółowe mapy geologiczne oraz mapy topograficzne z warstwicami potrzebne do obliczenia przyrostu retencji glebowo-gruntowej w zasięgu oddziaływania systemów melioracyjnych powinny być pobrane i wykorzystane w sposób analogiczny jak w Kryterium 2 i 3.

Kryterium 5. Zwiększenie retencji krajobrazowej (ITP-PIB)

W przypadku stref buforowych projektowanych w ramach inwestycji, ich parametry techniczne powinny być pozyskane z Zarządów Zlewni z dokumentacji projektowych lub powykonawczych inwestycji z działania 4.3. W przypadku zbiorników kopanych, dokumentacja powinna być pozyskana od inwestora, czyli z gminy.

W przypadku już istniejących elementów środowiska, dane dotyczące powierzchni pojedynczych elementów można pomierzyć w trybie online na mapach topograficznych lub na podstawie mapy BDOT10k zamieszczonej na portalu mapy.geoportal.gov.pl.

Opcjonalnym źródłem danych odnośnie powierzchni mokradeł, może być baza danych *GIS Mokradła*, należąca do GIOŚ i opracowana w ITP-PIB w latach 2004-2006. Udostępniana za niewielką opłatą (możliwe jest wystąpienie z wnioskiem do ITP-PIB o udostępnienie: warstw wektorowych, powierzchni mokradeł lub fragmentu Arkusza mapowego; opłata wynika tylko z kosztu przygotowania nośników). Opcjonalnym źródłem danych odnośnie powierzchni oczek wodnych i starorzeczy, może być Ogólnopolska Baza Danych Obiektów Małej Retencji (OBDOMR) opracowana w ITP-PIB w latach 2016-2020 i udostępniana nieodpłatnie na platformie ESRI Polska:

it-p.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b63a2a74004748a89c196e98c9104b4d.

Kryterium 6. Zwiększenie retencji w ramach działań rolno-środowiskowo-klimatycznych (IUNG-PIB)

Obszar podlegający zalaniom lub podtopieniom (pozyskany z systemu monitoringu zalań i podtopień IUNG-PIB).

Obszary objęte wsparciem w postaci rowów i oczek wodnych do 100 m² pozyskane z ARiMR. Opcjonalnym źródłem danych mogą być sceny satelitarne Sentinel.

Kryterium 7. Zwiększenie retencji w ramach inwestycji w rozwój obszarów leśnych i poprawę żywotności lasów (IUNG-PIB)

1. Model terenu DEM o rozdzielczości 10 m – 30 m (GUGiK),
2. Mapa glebowo-rolnicza w skali referencyjnej 1:25 000 lub lepsza (IUNG-PIB),
3. Mapy użytkowania terenu CORINE Land Cover (GIOŚ),
4. Dane ARiMR dotyczące powierzchni podlegających działaniu 8: numery działek, obręb, powierzchnia objęta działaniem, parametry działania (ARiMR),
5. Dane dot. przepływu w ciekach jednolitych części wód powierzchniowych (jcwp) – miesięczne, dobowe) (GIOŚ),
6. Dane meteorologiczne dobowe i zagregowane do statystyk miesięcznych dla Polski (IMGW-PIB).

Kryterium 8. Zmniejszenie poboru wody w rolnictwie (ITP-PIB)

Źródła danych, potrzebnych do określenia sumy przyrostu retencji glebowo-gruntowej oraz przyrostu retencji melioracyjnej w Kryterium 8, stanowić będą sumę źródeł danych z Kryterium 3 i Kryterium 4.

Dane dotyczące poboru wód do *nawodnień w rolnictwie i leśnictwie oraz napełniania i uzupełniania stawów rybnych* zostaną pozyskane z opracowania GUS Ochrona Środowiska 2024 lub nowszego.

Kryterium 9. Poprawa jakości wody (IUNG-PIB + ITP-PIB)

Źródła danych do metodyki **IUNG-PIB**:

1. Model terenu DEM o rozdzielczości 10 m – 30 m (GUGiK),
2. Mapa glebowo-rolnicza w skali referencyjnej 1:25 000 lub lepsza (IUNG-PIB),
3. Monitoring jakości gleb Polski (IUNG-PIB)
4. Mapy użytkowania terenu CORINE Land Cover (GIOŚ),
5. Dane ARiMR dotyczące powierzchni podlegających działaniom 4.1, 8, 11: numery działek, obręb, powierzchnia objęta działaniem, parametry działania (ARiMR),
6. Dane dot. przepływu w ciekach jednolitych części wód powierzchniowych (jcwp) – miesięczne, dobowe) (GIOŚ),
7. Dane dot. monitoringu jakości wód powierzchniowych dla jednolitych części wód powierzchniowych (jcwp) (GIOŚ)

8. Dane dot. monitoringu jakości wód podziemnych dla jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) (GIOŚ)
9. Dane meteorologiczne dobowe i zagregowane do statystyk miesięcznych dla Polski (IMGW-PIB).

Źródła danych do metodyki **ITP-PIB**:

W zakresie danych dotyczących jakości wody, dane powinny pochodzić z następujących źródeł:

- w zakresie sytuacji wyjściowej (przed wykonaniem inwestycji) – wiedza ekspercka pracowników ITP-PIB i dostępne opracowania IMGW-PIB (z monitoringu jakości wód powierzchniowych)
- w odniesieniu do okresu po zrealizowaniu inwestycji:
 - a. wiedza ekspercka pracowników ITP-PIB na podstawie analogii do wyników międzynarodowych badań nad wpływem piętrzenia na jakość wód w obszarach oddziaływania istniejących budowli piętrzących, urządzeń melioracji wodnych i w zbiornikach retencyjnych,
 - b. z pomiarów wykonywanych w punktach pomiarowych w korytach rzek i w zbiornikach. Pomiary stężeń fosforanów i azotanów powinny być utożsamiane ze stanem wody i natężeniem przepływu w rzekach w dniach pomiarowych. Pomiary powinny być uzgodnione z odpowiednim instytutem/specjalistą opracowującym wyniki pomiarów. Zalecany, minimalny okres trwania pomiarów to 9 miesięcy.

Kryterium 10. Stabilizacja przepływów w rzekach (ITP-PIB)

W zakresie danych hydrologicznych i meteorologicznych, dane powinny pochodzić z następujących źródeł:

- w zakresie sytuacji wyjściowej (przed wykonaniem inwestycji) – wiedza ekspercka pracowników ITP-PIB i dostępne opracowania ITP-PIB i IMGW-PIB,
- w odniesieniu do okresu po zrealizowaniu inwestycji:
 - a. z pomiarów na stacjach hydrologicznych zleconych do wykonania przez inwestora na etapie wydawania zgody, powyżej i poniżej inwestycji, oraz istniejących stacji meteorologicznych. Stacje hydrologiczne powinny być wyposażone w wodowskaz i elektroniczny rejestrator umożliwiający ciągły zapis stanów wody w całym zakresie zmienności. Ponadto na stacjach powinny być prowadzone pomiary hydrometryczne umożliwiające wyznaczenie krzywej natężenia przepływu w całym zakresie zmienności stanów. Pomiary hydrometryczne powinny być uzgodnione z odpowiednim instytutem/specjalistą opracowującym wyniki pomiarów. Zalecany, minimalny okres

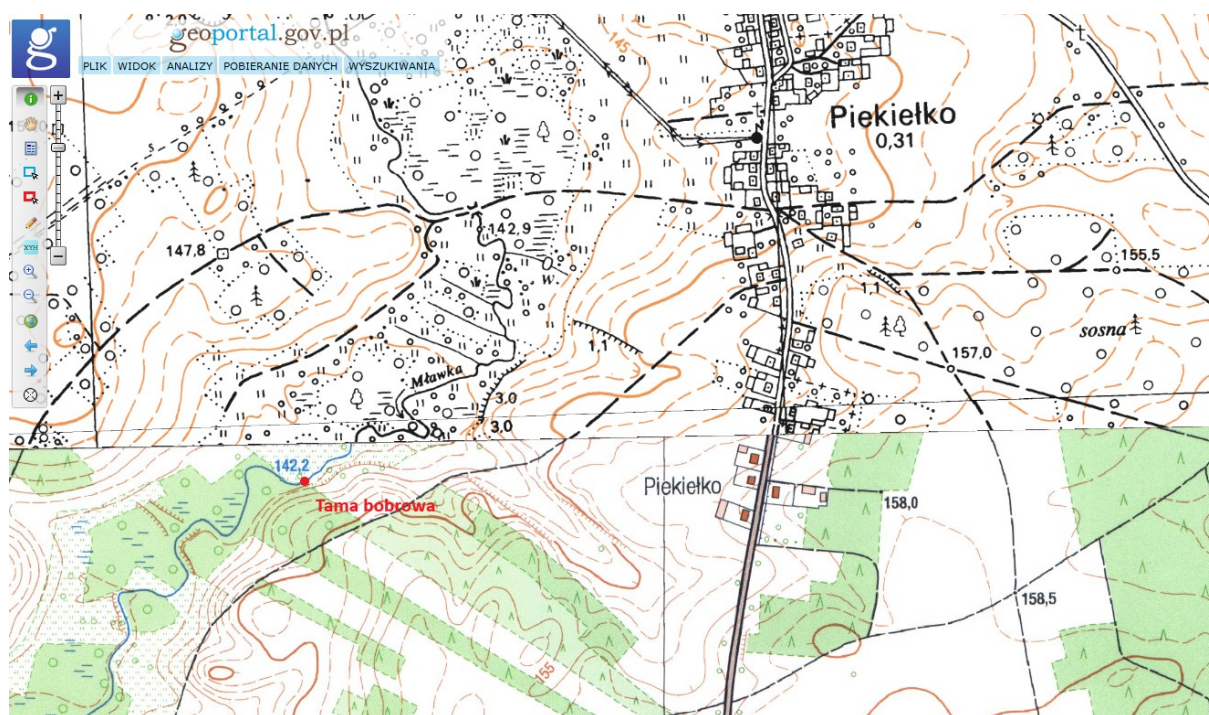
trwania pomiarów to 9 miesięcy. Stacje meteorologiczne powinny być wyposażone w deszczomierz oraz ewaporometr.

- b. z Zarządów Zlewni, gmin, Spółek Wodnych: dane z operatów wodnoprawnych, dokumentacji projektowych i powykonawczych, instrukcji gospodarowania wodą istniejących budowli / urządzeń / zbiorników.

7. Przykład praktyczny zastosowania metodyki obliczania przyrostu retencji korytowej i glebowo-gruntowej przy użyciu oprogramowania komputerowego Retencja.exe

Do celów praktycznego sprawdzenia, wypracowanej metodyki obliczania przyrostu retencji korytowej i glebowo-gruntowej, został wykorzystany przykład tamy bobrowej, która funkcjonowała przez 45 dni (12.08 – 26.09.2024 r.) w dolinie rzeki Mławka w sąsiedztwie posterunku wodowskazowego Mława – Piekietko, należącego do hydrometeorologicznej sieci pomiarowej ITP-PIB w zlewni rzeki Mławka.

Na rysunku 1 przedstawiona została lokalizacja tamy bobrowej na tle mapy topograficznej dostępnej na portalu mapy.geoportal.gov.pl.



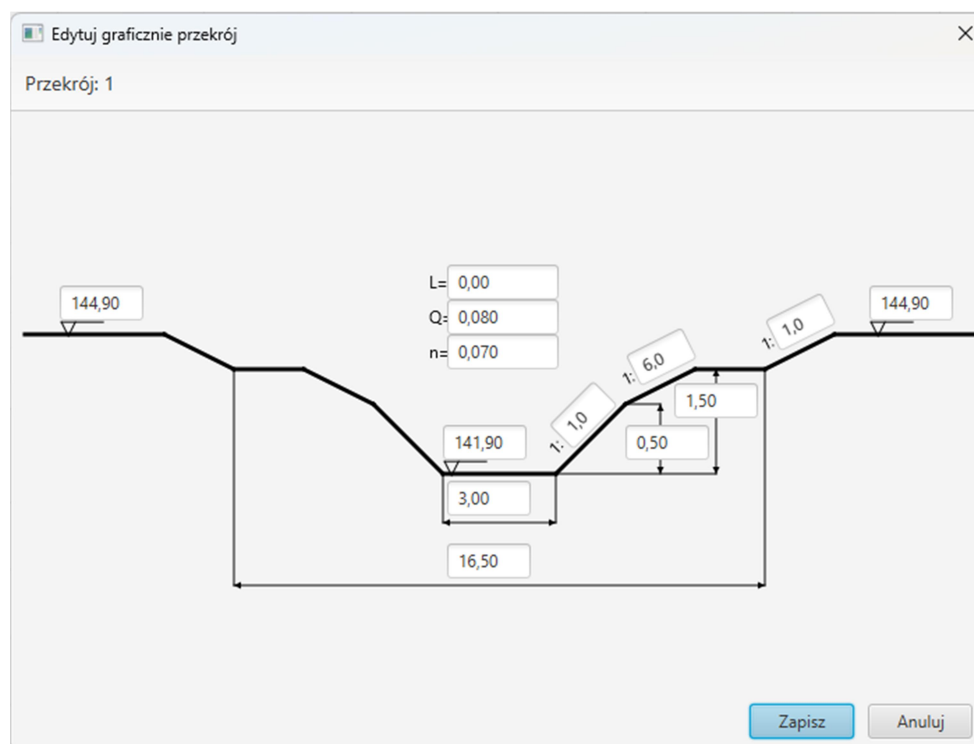
Rysunek 1. Lokalizacja tamy bobrowej w dolinie rzeki Mławki

Z uwagi na zróżnicowane ukształtowanie obu brzegów w sąsiedztwie tamy bobrowej, do obliczeń przyrostu retencji korytowej i glebowo-gruntowej przyjęto uśredniony kształt koryta i brzegów zgodnie z historycznymi danymi pomiarowymi, danymi z mapy topograficznej i danymi z opracowań hydrologicznych.

Przekrój pomiarowy Mława-Piekiełko, charakteryzował się następującymi danymi:

- szerokość w dnie $b_1 = 3 \text{ m}$
- rzędna dna $D = 141,9 \text{ m n.p.m.}$
- spadek dna koryta $i = 3,42 \text{ ‰}$
- szerokość cieku górą $b_2 = 16,5 \text{ m}$
- nachylenie skarp: dolnej $m_1 = 1$, środkowej $m_2 = 6$, górnej $m_3 = 1$
- wysokość skarpy dolnej $h_1 = 0,5 \text{ m}$
- wysokość skarpy dolnej i środkowej $h_2 = 1,5 \text{ m}$
- rzędna brzegu prawego i lewego $Tl = Tr = 144,9 \text{ m n.p.m.}$
- współczynnik szorstkości $n = 0,070 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$
- natężenie przepływu $Q = SNQ = 0,080 \text{ m}^3/\text{s}$

Dane wprowadzone dla przekroju nr 1 do oprogramowania, przedstawiono na rysunku 2.



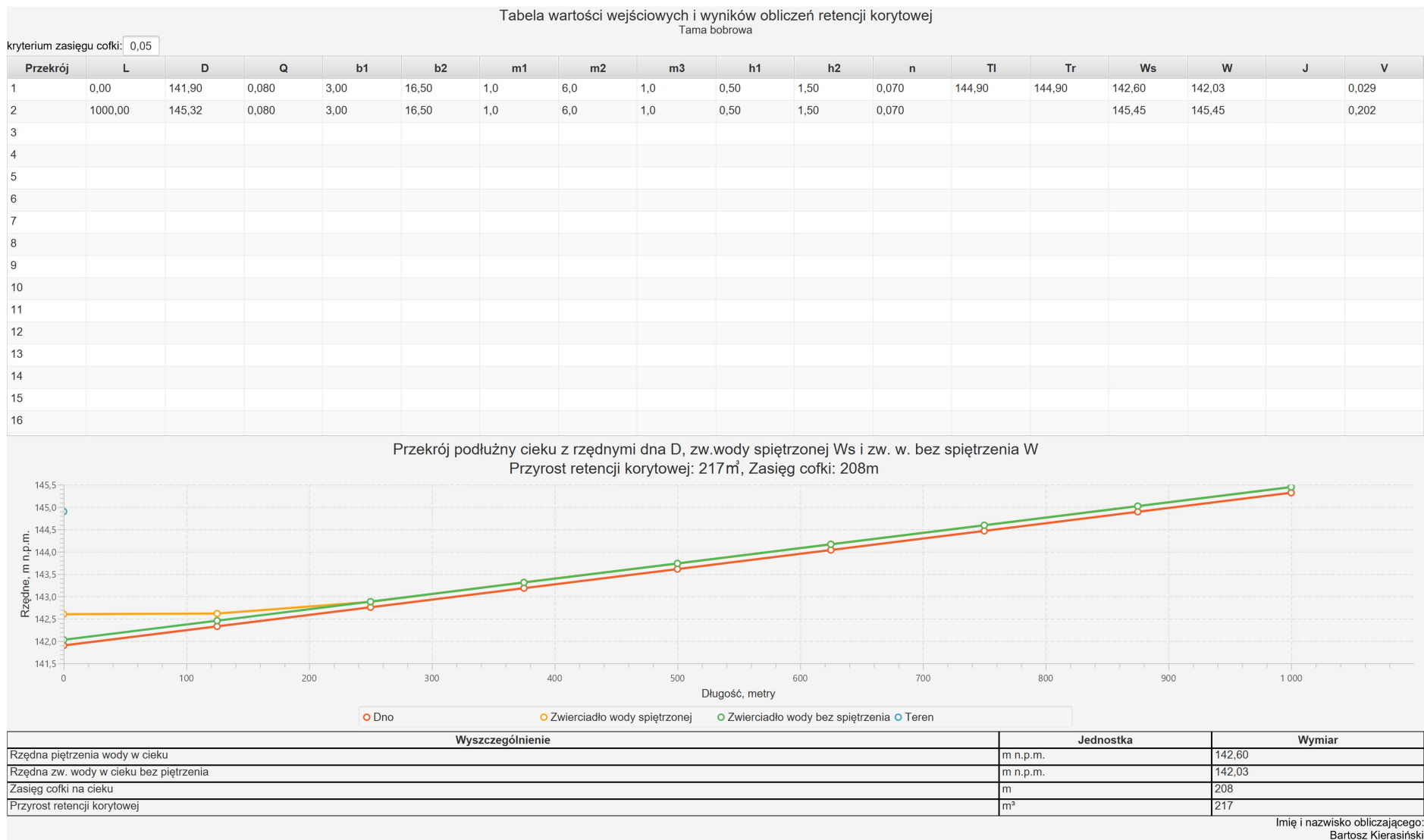
Rysunek 2. Parametry przekroju pomiarowego z tamą bobrową

Rzędna korony tamy bobrowej została ustalona na podstawie wyników z rejestratora ciśnieniowego poziomu wody zainstalowanego na posterunku Mława – Piekiełko:

- Rzędna korony tamy bobrowej $W_s = 142,6 \text{ m n.p.m.}$

Rzędna dna w przekroju obliczeniowym nr 2 (w odległości 1000 m od tamy) została obliczona na podstawie średniego spadku dna koryta. Przekroje dodatkowe co 125 m zostały dodane automatycznie.

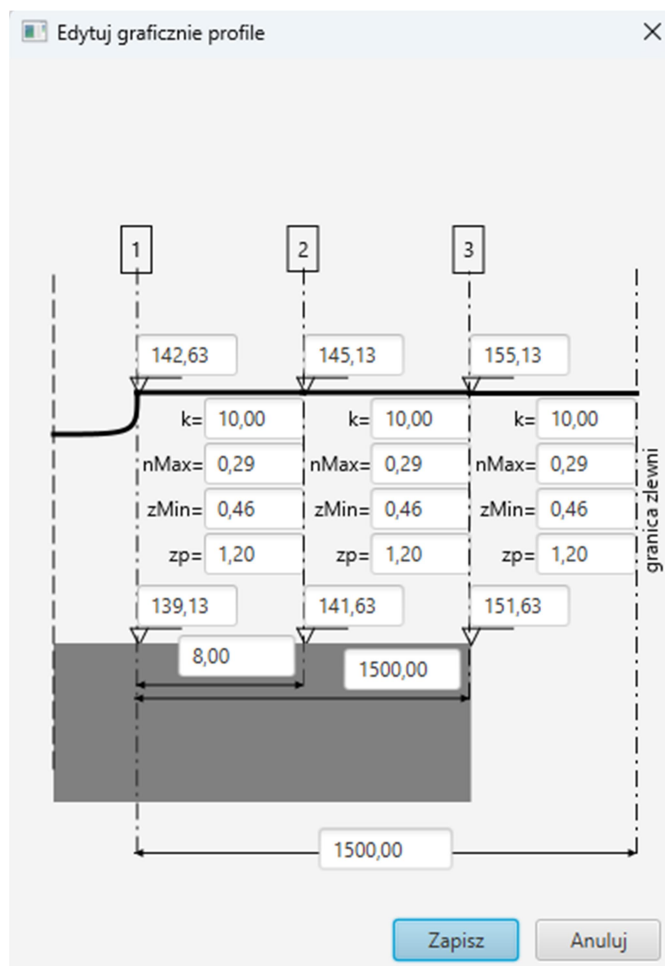
Rysunek 3 przedstawia podsumowanie z wyników obliczeń przyrostu retencji korytowej.



Rysunek 3. Wyniki obliczeń przyrostu retencji korytowej

Na podstawie zasięgu cofki w korycie, została wyznaczona odległość przekroju hydrogeologicznego w odległości $1/3 * L_c = 1/3 * 208 \text{ m} = 68,64 \text{ m}$ od tamy bobrowej.

W module przyrostu retencji glebowo-gruntowej wprowadzono następujące dane wejściowe, przedstawione na rysunku 4.



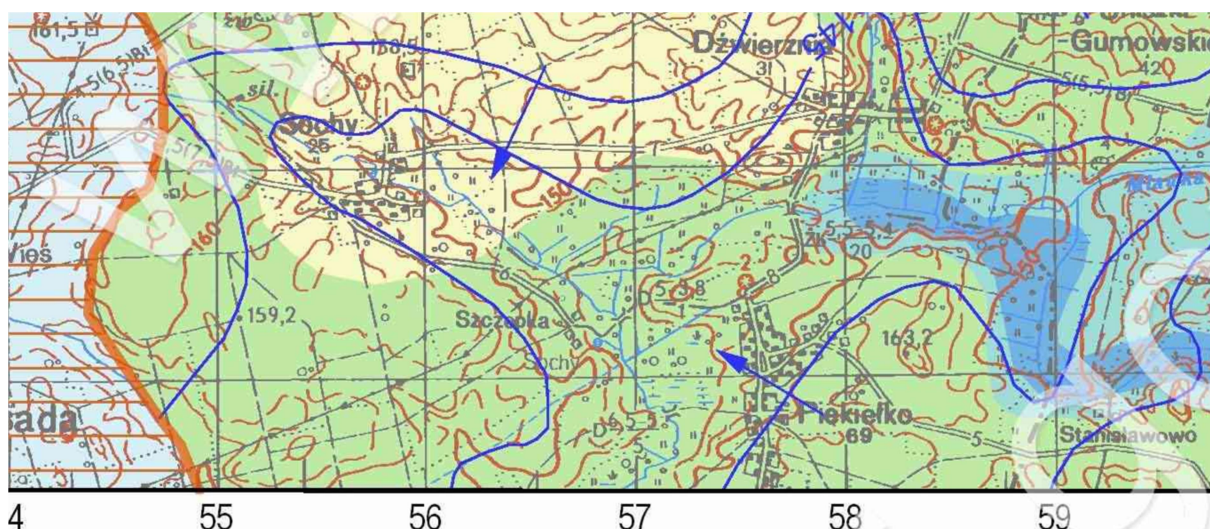
Rysunek 4. Dane wejściowe do modułu obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej

Rzędne terenu w 1 oraz w 2 profilu, zostały przeliczone z rzędnych brzegowych z przekroju pomiarowego z tamą bobrową, po uwzględnieniu przesunięcia do lokalizacji przekroju hydrogeologicznego i uwzględnieniu spadku dna koryta. Rzędna terenu w profilu zamykającym zlewnie (3) została określona na podstawie średniego spadku terenu w zlewni równemu 6,7 ‰.

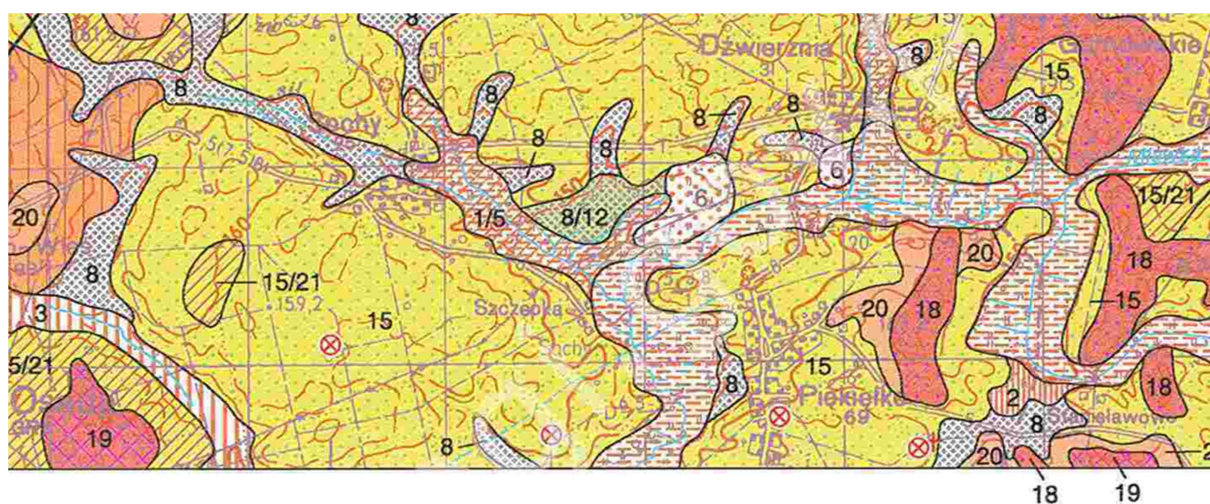
W obliczeniach założono: współczynnik cofki $\alpha = 1/3$, odległość od granicy zlewni do brzegu rzeki równą 1500 m, odpływ jednostkowy $SN_q = 1,2 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$, współczynnik $q_s = 0,0$.

Pozostałe dane wejściowe zostały ustalone na podstawie analizy danych z mapy pierwszej warstwy wodonośnej oraz szczegółowej mapy geologicznej, pobranych z portalu geologia.pgi.gov.pl.

Fragmenty mapy pierwszej warstwy wodonośnej oraz szczegółowej mapy geologicznej z obszaru oddziaływania tamy bobrowej, zostały przedstawione kolejno na Rysunku 5 i 6.



Rysunek 5. Mapa pierwszej warstwy wodonośnej z okolic posterunku Mława – Piekietko (zgodnie z oznaczeniami: zielonym kolorem zarysowano obszary o miąższości pierwszej warstwy wodonośnej 2÷5 m p.p.t.)



© Copyright by Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2013

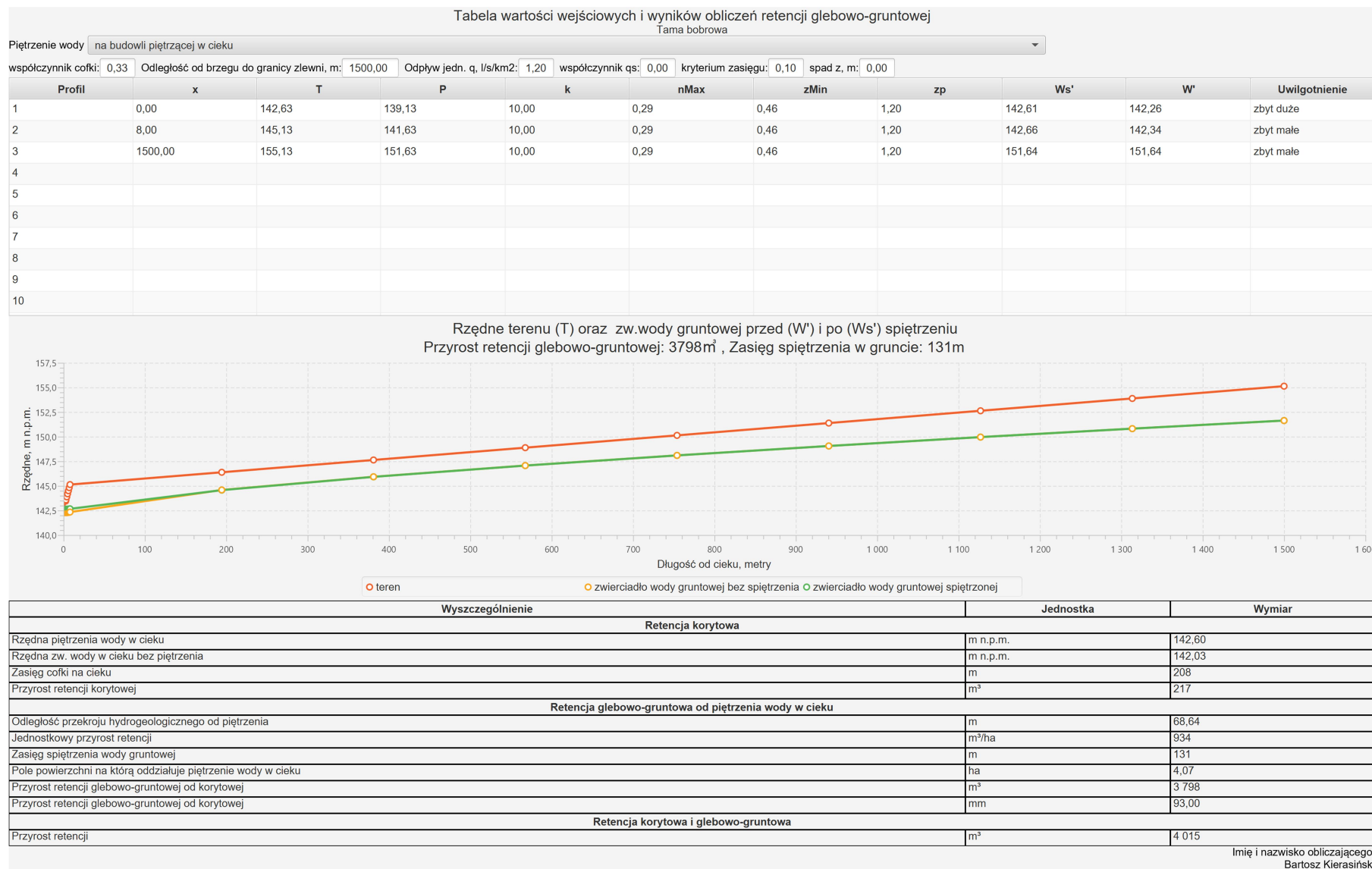
328 – Mława

Rysunek 6. Szczegółowa mapa geologiczna z okolic posterunku Mława – Piekietko (zgodnie z oznaczeniami: dolina rzeczna w obszarze oddziaływania, jest zbudowana przede wszystkim z piasków ze żwirów (nr 15).

Dla odczytanego rodzaju podłoża określone zostały 4 parametry dla wszystkich 3 profili: współczynnik filtracji $k = 10 \text{ m/d}$, współczynnik porowatości $n_{\max} = 0,29$, minimalna norma odwodnienia $z_{\min} = 0,46 \text{ m}$, zasięg podsiąku kapilarnego $z_p = 1,2 \text{ m}$.

Do obliczeń przyjęto średnią miąższość pierwszej warstwy wodonośnej równą 3,5 m. Określenie tej wartości pozwoliło na obliczenie rzędnych spągu pierwszej warstwy wodonośnej we wszystkich 3 profilach.

Rysunek 7 przedstawia podsumowanie z wyników obliczeń przyrostu retencji glebowo-gruntowej i kor



Rysunek 7. Wyniki obliczeń przyrostu retencji glebowo-gruntowej i korytowej

ZAŁĄCZNIK 1

METODYKA OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI KORYTOWEJ I GLEBOWO-GRUNTOWEJ POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W MAŁYM DRENUJĄCYM CIEKU/ZBIORNIKU

wraz z instrukcją obliczeń z użyciem programu komputerowego

Opracował zespół z ITP-PIB w składzie: **prof. dr hab. inż. Edmund Kaca**, mgr inż. Bartosz Kierasiński, prof. dr hab. inż. Kazimierz Banasik, mgr inż. Katarzyna Karpińska.

I. Metodyka obliczania przyrostu retencji korytowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku nizinnym

Metodyka służy do wyznaczania przyrostu Δh położenia zwierciadła wody w małym cieku nizinnym pod wpływem piętrzenia w nim wody oraz do wyznaczenia przyrostu retencji korytowej ΔV . Metodyka dotyczy drenujących cieków nizinnych o szerokości w dnie do ok. 5 (10) m i wysokości piętrzeń do ok. 3 m.

Metodyka może służyć do oceny przyrostu retencji korytowej w wyniku realizacji inwestycji (budowli piętrzących wodę w cieku) w ramach **PROW 2014-2020** oraz inwestycji realizowanych w ramach **PS WPR 2023-2027** i **KPO**. W tych przypadkach obliczenia i oceny należy prowadzić przy założeniu, że przepływ charakterystyczny w cieku to średni niski przepływ (SNQ), a zasięg cofki (spiętrzenia) wody w cieku kończy się w przekroju poprzecznym cieku, w którym różnica ustabilizowanych zwierciadeł wody spiętrzonej i niespiętrzonej jest w przybliżeniu równa 0,05 m lub też przy wyższej wartości, w miejscu kolejnej istniejącej lub nowej budowli piętrzącej. W metodyce te ustalenia nazywa się domyślnymi.

Dane wejściowe i ich źródła:

- 1) Profil podłużny cieku na odcinku spodziewanej cofki, z lokalizacją przekrojów poprzecznych cieku z zaznaczonymi (rys. I.1):
 - rzędnymi dna, m n.p.m.,
 - rzędnymi terenu przyległego do cieku (prawy i lewy brzeg), m n.p.m.
 - charakterystycznymi głębokościami i nachyleniami skarp.Przekroje poprzeczne w punktach cieku lokalizuje się w charakterystycznych miejscach cieku, tj. zmiany spadku dna (zwierciadła wody) i/lub zmiany wymiarów przekroju poprzecznego, połączenia cieku z ciekim dopływającym itp.
- 2) Powierzchnia F zlewni (km^2) w przekroju planowanego spiętrzenia wody.

- 3) Przepływ charakterystyczny, domyślnie – przepływ średni niski (SNQ w m^3/s) w cieku na odcinku planowanego spiętrzenia wody ($SNQ = 0,001 \cdot F \cdot SNq$, m^3/s , gdzie: SNq – średni niski odpływ jednostkowy ze zlewni, $dm^3/s/km^2$)

- 4) Rzędna piętrzenia wody w cieku (normalny poziom piętrzenia NPP), m n.p.m.,

Dane wejściowe do obliczeń mogą pochodzić z bezpośrednich pomiarów geodezyjnych (dane 1) oraz odpowiednich map topograficznych z warstwicami (dane 1, 2). Źródłem pozostałych danych mogą być odpowiednie opracowania hydrologiczne (dane 3) oraz założenia projektowe lub projekt techniczny budowli piętrzącej wodę w cieku (dane 4).

Podstawowe zależności:

Przyrost Δh położenia zwierciadła wody w cieku pod wpływem piętrzenia w nim wody jest różnicą między stanem wody spiętrzonej (o ruchu ustalonym wolnozmiennym) w cieku i stanem wody o ruchu ustalonym swobodnym (bez spiętrzenia wody na budowli). W ogólności ruch o przepływie swobodnym może być ruchem jednostajnym albo wolnozmiennym. Stany wody spiętrzonej i niespiętrzonej są wyznaczone wg wzoru różnicowego wyprowadzonego z równania Bernoulliego. We wzorze tym spadki energii oraz prędkości wody w cieku są opisywane wzorem Manninga.

Wyprowadzone wzory mają zastosowanie do koryt cieków o przekroju wielotrapezowym (rys. I.1). Podstawowe zależności dla takiego przekroju dotyczą czynnego pola powierzchni A , obwodu zwilżonego U oraz promienia hydraulicznego R . Wielkości te uzależniono od głębokości H wody płynącej ciekami i opisano następująco:

gdy $0 \leq H < h_1$ to:

$$A = b_1 H + m_1 H^2$$

$$U = b_1 + 2H \sqrt{1 + m_1^2}$$

$$R = A/U$$

gdy $h_1 \leq H \leq h_2$ to:

$$A = b_1 h_1 + m_1 h_1^2 + (b_1 + 2m_1 h_1)(H - h_1) + [m_2(H - h_1)^2]$$

$$U = b_1 + 2h_1 \sqrt{1 + m_1^2} + 2(H - h_1) \sqrt{1 + m_2^2}$$

$$R = A/U$$

gdy $H > h_2$ to:

$$A = b_1 h_1 + m_1 h_1^2 + (b_1 + 2m_1 h_1)(h_2 - h_1) + m_2 (h_2 - h_1)^2 + [b_1 + 2m_1 h_1 + 2m_2 (h_2 - h_1)](H - h_2) + m_3 (H - h_2)^2$$

$$U = b_1 + 2h_1 \sqrt{1 + m_1^2} + 2(h_2 - h_1) \sqrt{1 + m_2^2} + [b_2 - b_1 - 2m_1 h_1 - 2m_2 (h_2 - h_1)] + 2(H - h_2) \sqrt{1 + m_3^2}$$

$$R = A/U$$

gdzie:

A – pole powierzchni czynnego przekroju poprzecznego cieku, m^2 ,

U – obwód zwilżony, m ,

R – promień hydrauliczny, m ,

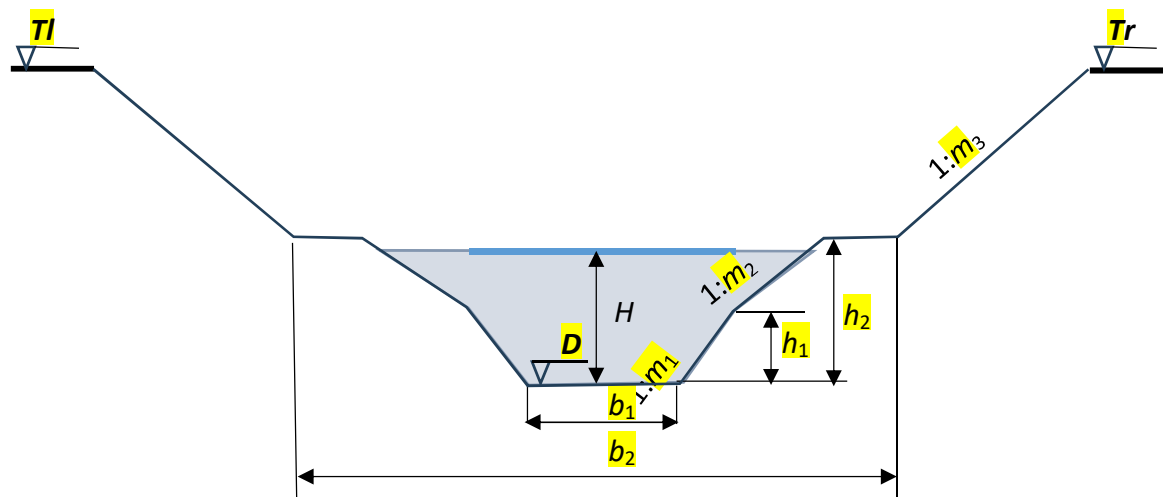
H – głębokość wody w przekroju poprzecznym, m ,

b_1, b_2 – odpowiednio szerokość cieku w dnie i górą (rys. I.1), m ,

$$b_2 \geq b_1 + 2m_1 h_1 + 2m_2 (h_2 - h_1).$$

m_1, m_2, m_3 - współczynnik nachylenia skarp odpowiednio dolnych, środkowych i górnych (rys. I.1)

h_1, h_2 – odpowiednio: pierwsza głębokość cieku (wysokość skarpy dolnej) i druga głębokość cieku (wysokość skarpy dolnej i środkowej) (rys. I.1), m .



Rys. I.1. Przekrój poprzeczny cieku. Oznaczenia: Tl, Tr, D – rzędne brzoł lewego, prawego i dna, m_1, m_2, m_3 - współczynniki nachylenia skarp, b_1, b_2 szerokości cieku. Ogólnie: $b_2 \geq b_1 + 2m_1 h_1 + 2m_2 (h_2 - h_1)$.

W przypadku, gdy $m_1 = m_2 = m_3 = m$ oraz $b_2 = b_1 + 2m h_2$ to przekrój jest przekrojem trapezowym o podstawie b_1 , nachyleniu skarp $1:m$.

Do obliczania głębokości H_{i+1} wody spiętrzonej oraz h_{i+1} wody w przepływie swobodnym w $i+1$ -ym przekroju stosuje się wzory (rys. I.2):

$$H_{i+1(o)} = H_i + \frac{v_i^2 - v_{i+1(z)}^2}{2g} + \Delta L_{i,i+1} \cdot \left[\frac{J_{i+1(z)} + J_i}{2} - \frac{(D_{i+1} - D_i)}{\Delta L_{i,i+1}} \right]$$

$$h_{i+1(o)} = h_i + \frac{v_i^2 - v_{i+1(z)}^2}{2g} + \Delta L_{i,i+1} \cdot \left[\frac{J_{i+1(z)} + J_i}{2} - \frac{(D_{i+1} - D_i)}{\Delta L_{i,i+1}} \right] \quad i = 1, 2, \dots, N - 1$$

$$v = Q / A \quad J = \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}}$$

gdzie:

i – numer przekroju poprzecznego (obliczeniowego),

N – liczba przekroi,

Q – natężenie charakterystycznego przepływu wody w cieku, m³/s. W obliczeniach domyślnie przyjmuje się $Q = SNQ$, gdzie SNQ - przepływ średni niski,

H_i, H_{i+1} – głębokości wody spiętrzonej (w ruchu wolnozmiennym) w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju, m,

H_1 – głębokość wody w pierwszym (początkowym $i=1$) przekroju, m. $H_1 = NPP - D_1$,

NPP – rzędna normalnego poziomu piętrzenia wody na budowli piętrzącej (rys. I.2), m n.p.m.,

D_1 – rzędna dna w pierwszym przekroju, m n.p.m.,

h_i, h_{i+1} – głębokości wody niespiętrzonej (w ruchu swobodnym) w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju, m,

v_i, v_{i+1} – prędkość przepływu wody w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju (w ruchu wolnozmiennym albo swobodnym), m/s,

J_i, J_{i+1} – spadek zwierciadła wody w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju (w ruchu wolnozmiennym albo swobodnym), -,

$\Delta L_{i,i+1}$ – odległość między w i -tym oraz $i+1$ -ym przekrojem (rys. I.2), m,

n – współczynnik szorstkości do wzoru Manninga, wg tabel (np. tab. Z7 w części **Użyteczne tabele**), m^{-1/3}s,

D_i, D_{i+1} – rzędna dna w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju (rys. I.2), m n.p.m.

Głębokość h_1 wody niespiętrzonej w przekroju początkowym (przekrój $i = 1$) oblicza się iteracyjnie wg wzoru:

$$Q = A(h) \cdot \frac{1}{n} R(h)^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Zaczynając od $h = h_1 = 0,01$ m, oblicza się $Q_1(o) = A(h_1) \cdot \frac{1}{n} R(h_1)^{2/3} \cdot J^{1/2}$ tak długo, aż h_1 osiągnie wartość przy której $Q_1(o) \approx Q_1(z)$ (o – oznacza wartość obliczoną, z wartość założoną). Spadek J zwierciadła wody w przekroju 1 jest zadawany przez użytkownika. Domyślnie jest obliczany na podstawie rzędnych dna cieku w 1 i 2 przekroju wg wzoru:

$$J = \frac{D_2 - D_1}{\Delta L_{1,2}}$$

Wartości $v_{i+1(z)}$ i $J_{i+1(z)}$ są wartościami obliczonymi przy założonym $H_{i+1(z)}$. Obliczenia kończy się, gdy $H_{i+1(o)} - H_{i+1(z)} < 0,001\text{m}$. Obliczenia można rozpoczynać przy $H_{i+1(z)} = H_i$.

Przyrost retencji ΔV na odcinku między dwoma sąsiednimi przekrojami i oraz $i+1$ oblicza się wg wzorów:

$$\Delta V = \frac{\Delta A_i + \Delta A_{i+1}}{2} \cdot \Delta L_{i,i+1} \qquad \Delta A = A(H) - A(h)$$

Przyrost retencji na odcinku w zasięgu cofki to $\Sigma \Delta V$.

Jeżeli wiadomo, że cofka kończy się między dowolnymi przekrojami i oraz $i+1$, tzn. ($W_{S_i} - W_i \geq 0,05\text{ m}$ oraz $W_{S_{i+1}} - W_{i+1} \leq 0,05\text{ m}$, to jej zasięg x od przekroju i wyrazi się wzorem:

$$x = L_{i,i+1} \cdot \frac{W_{S_i} - W_i - 0,05}{W_{S_i} - W_i + W_{i+1} - W_{S_{i+1}}}$$

gdzie:

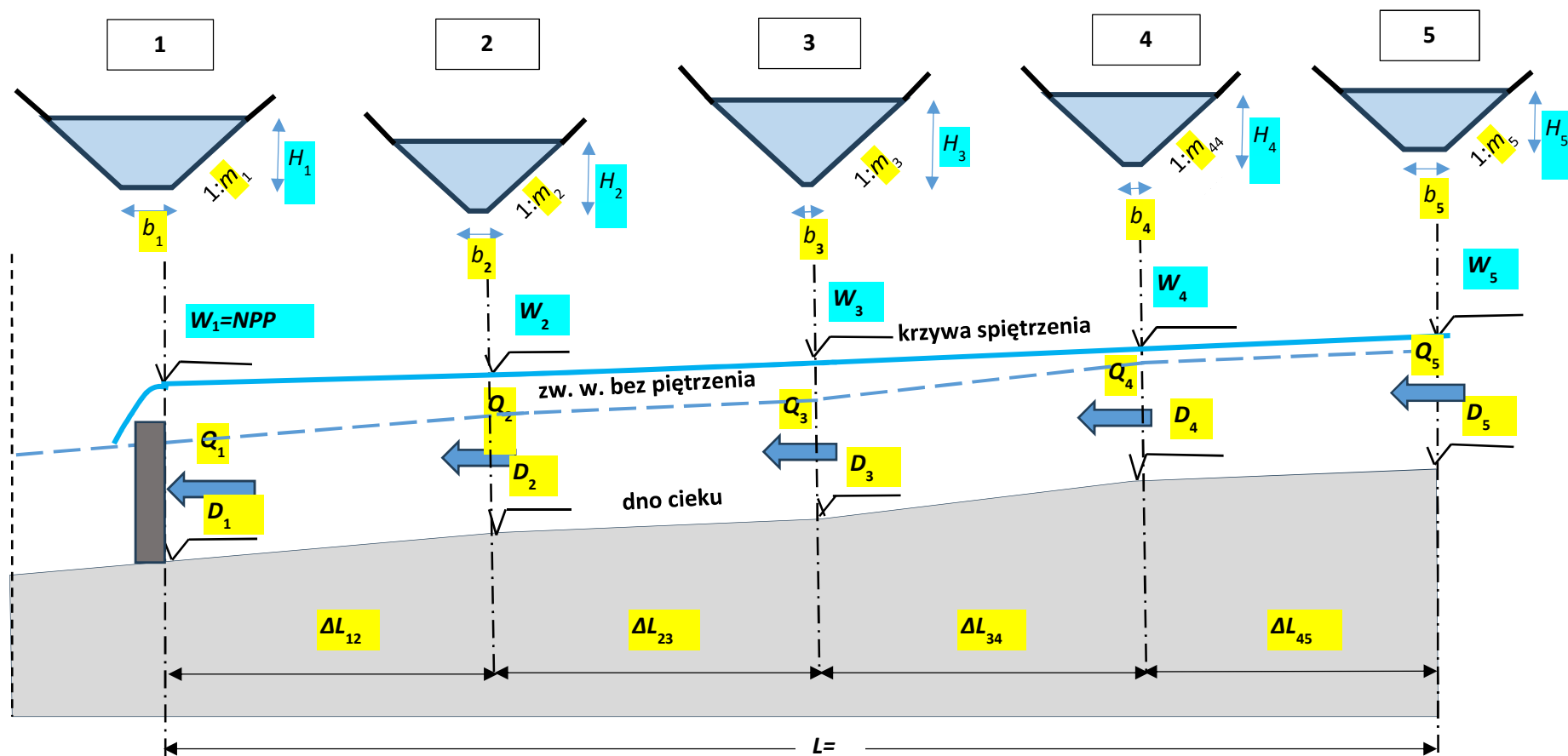
$W_{S_i}, W_{S_{i+1}}$ – rzędna zwierciadła wody spiętrzonej (pod wpływem cofki) odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju,

W_i, W_{i+1} – rzędna zwierciadła wody niespiętrzonej (przy przepływie swobodnym) odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -ym przekroju,

$L_{i,i+1}$ – odległość między przekrojami i oraz $i+1$.

Realizacja obliczeń:

Obliczenia powinny być prowadzone zgodnie z instrukcją dołączoną do niniejszej metodyki i w programie.



Rys. I.2. Przekrój podłużny cieku z przekrojami poprzecznymi (uproszczonymi) na odcinku spodziewanej cofki. Na żółtym tle zaznaczono niektóre dane wejściowe do obliczeń, zaś na niebieskim tle niektóre wyniki obliczeń. Opis symboli podano w tekście.

II. Metodyka obliczania przyrostu powierzchni i retencji glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym drenującym cieku/zbiorniku

Wprowadzenie:

Metodyka składa się z trzech części, które stanowi:

- 1) Metodyka obliczania kształtowania się (zmiany) położenia zwierciadła wody gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku albo zbiorniku,
- 2) Metodyka obliczania przyrostu powierzchni oddziaływania pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku/zbiorniku,
- 3) Metodyka obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej (glebowo-gruntowego potencjału retencyjnego) pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku/zbiorniku.

Pierwsza część metodyki została opracowana w ramach zadań 6.4 oraz 5.3, druga w ramach zadania 6.4, zaś trzecia w ramach zadania 5.3.

Metodyki te są oprogramowane. W programie wykorzystuje się wszystkie metodyki jednocześnie, gdyż program pozwala na obliczanie zmiany położenia zwierciadła wody gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w cieku albo zbiorniku, pola powierzchni ziemi (użytków rolnych/ leśnych i in.) na którą oddziałuje piętrzenie wody w cieku albo zbiorniku oraz na obliczanie przyrostu glebowo-gruntowego potencjału retencyjnego użytków rolnych/leśnych, nazywanego w skrócie retencją glebowo-gruntową.

Proponowana metodyka może służyć do obliczeń w przypadku prostych i jednorodnych warunków hydrogeologicznych i obszarów położonych niezbyt daleko od małego, drenującego cieku/zbiornika nizinnego. Są to cieki o szerokości w dnie do ok. 5 (10) m i wysokości piętrzeń do ok. 3 m oraz małe zbiorniki drenujące (małe jeziora, stawy, zbiorniki kopane) o pojemności do 0,5 mln m³ (1 mln m³). Metodyka ta nie może służyć do przypadków, gdy spiętrzenie wody w cieku/zbiorniku powoduje zalew terenów sąsiednich (woda występuje z brzegów). Jest to typowe w przypadku zbiorników zaporowych.

Zakłada się, że warstwa wodonośna ze stropem glebowo-gruntowym znajduje się na warstwie nieprzepuszczalnej o spągu poziomym lub pochylonym lekko na odcinkach. W warstwie wodonośnej częściowo (niezupełnie) lub całkowicie (zupełnie) zagłębione jest drenujące wodę koryto cieku lub czasza zbiornika. Zakłada się, że hydroizohipsy układają się w przybliżeniu równolegle do doliny, a więc przepływ wody gruntowej jest prostopadły do cieku/zbiornika. W warstwie wodonośnej płynie woda gruntowa w kierunku cieku/zbiornika zadaną intensywnością. Domyślnie zakłada się, że jest to intensywność równa średniemu niskiemu odpływowi (SN_q , dm³/(s·km²)). Na obszarze ze spiętrzoną wodą gruntową odpływ ten jest zredukowany, domyślnie - zerowy.

W oprogramowaniu metodyk wyróżnia się kilka modułów oprogramowania służących do obliczeń wyróżnionych sytuacji piętrzenia wody w cieku i zbiorniku a za ich pośrednictwem w terenie przyległym.

Dokładne wyznaczenie położenia zwierciadła wody gruntowej oraz przyrostu retencji w przekroju hydrogeologicznym (glebowo-gruntowym) prostopadłym do małego cieku/brzegu zbiornika i na całym obszarze pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku jest zagadnieniem wymagającym dobrego rozeznania warunków glebowo-gruntowych oraz hydrogeologicznych obszaru przyległego. W niniejszej metodyce proponuje się rozwiązania w oparciu o szacunkowe rozpoznanie tych warunków. Uproszczenia te mogą wpływać na dokładność otrzymanych rezultatów.

Metodyka może służyć do oceny przyrostu retencji glebowo-gruntowej w wyniku realizacji inwestycji (budowli piętrzących wodę w cieku) w ramach **PROW 2014-2020** oraz inwestycji realizowanych w ramach **PS WPR 2023 - 2027** i **KPO**. W tych przypadkach obliczenia i oceny należy prowadzić przy założeniu, że:

- 3) Odpływ charakterystyczny ze zlewni to odpływ średni niski (SNq), zaś z terenów ze spiętrzoną wodą gruntową $SNq = 0 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$,
- 4) Zasięg cofki (spiętrzenia) wody gruntowej kończy się w punkcie terenu, w którym ustabilizowana różnica poziomów wody gruntowej spiętrzonej i niespiętrzonej jest w przybliżeniu równa 0,10 m albo kończy się w granicy zlewni cieku/zbiornika.
- 5) Szerokości cieku/zbiornika w linii przekroju hydrogeologicznego, na poziomie zwierciadła wody niespiętrzonej i wody spiętrzonej, nie różnią się znacznie (nie więcej niż ok. 20 m), tzn. spiętrzenie wody w cieku/zbiorniku nie powoduje powstania wyraźnego rozlewiska w terenie przyległym.

METODYKA OBLICZANIA ZMIANY POŁOŻENIA ZWIERCIADŁA WODY GRUNTOWEJ POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W MAŁYM CIEKU/ZBIORNIKU

Podstawowe zależności:

W obliczeniach położenia zwierciadła wody gruntowej przy zadanym stanie wody w cieku/zbiorniku przyjmuje się założenia wprowadzone przez Dupuit-Forchaimera. W obliczeniach zakłada się warunki ustalone, tj. oblicza się położenie zwierciadła wody gruntowej po jego ustabilizowaniu. Obliczenia prowadzi się metodą różnicową. Spiętrzenie z i stan h_{i+1} wody gruntowej na końcu odcinka o długości $x_{i,i+1}$ i szerokości 1 m oblicza się na podstawie stanu h_i wody gruntowej na początku tego odcinka, z układu dwóch równań (rys. II.1):

$$Q_{i,i+1} = k \cdot 1 \cdot \frac{(h_i + h_{i+1})}{2} \frac{z}{x_{i,i+1}} \quad h_{i+1} = h_i + z - i \cdot x_{i,i+1}$$

Rozwiązanie tego układu prowadzi do praktycznej zależności, w której w miejsce stanów h_i i h_{i+1} wprowadzono rzędne zwierciadła wody gruntowej W'_i i W'_{i+1} :

$$W'_{i+1} = P_i + \frac{P_{i+1} - P_i}{2} + \sqrt{\left(W'_i - P_i - \frac{P_{i+1} - P_i}{2}\right)^2 + \frac{2 \cdot x_{i,i+1} \cdot Q_{i,i+1}}{k}} \text{ dla } i = 1, 2, 3, \dots, N-1$$

$$W'_1 = (W_A; W_{SA}) + a$$

$$Q_{i,i+1} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2}; k = \frac{k_i + k_{i+1}}{2}$$

W zależnościach tych użyte symbole oznaczają (rys. II.1):

i – numer profilu hydrogeologicznego (glebowo-gruntowego) w przekroju hydrogeologicznym,

N – liczba profili hydrogeologicznych w przekroju hydrogeologicznym,

$(W_A; W_{SA})$ – rzędna zwierciadła wody niespiętrzanej albo spiętrzonej w cieku/zbiorniku, m n.p.m.,

W'_i, W'_{i+1} – rzędna zwierciadła wody gruntowej w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m n.p.m.,

P_i, P_{i+1} – rzędna spągu warstwy wodonośnej w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m n.p.m.,

$x_{i,i+1}$ – odległość między i -tym oraz $i+1$ -ym profilem, m,

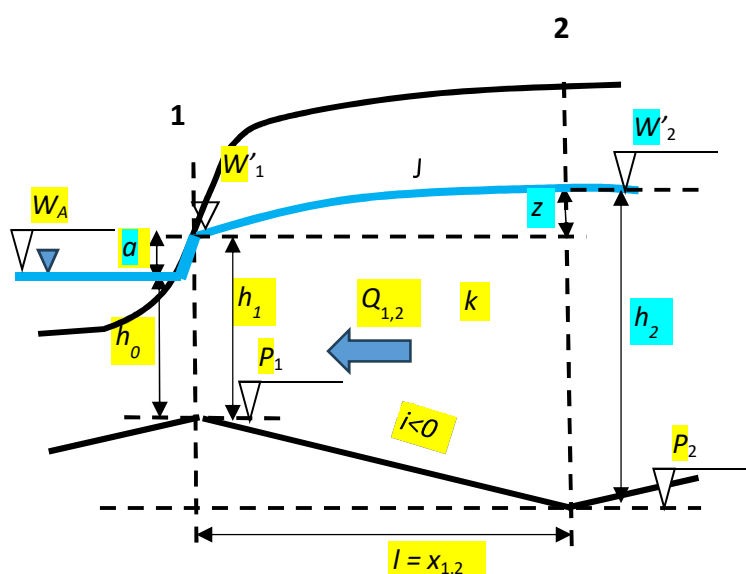
k – średni współczynnik filtracji warstwy wodonośnej między i -tym oraz $i+1$ -ym profilem, m/d,

k_i, k_{i+1} – współczynnik filtracji w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m/d,

$Q_{i,i+1}$ – natężenie przepływu wody gruntowej w przekroju o szerokości 1 m między i -tym oraz $i+1$ -ym profilem, m²/d,

Q_i, Q_{i+1} – natężenie przepływu wody w warstwie wodonośnej o szerokości 1 m odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -ym profilu, m³/(m·d),

a – wysokość pasa ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika, m.



Rys. II.1. Warunki hydrogeologiczne w rejonie drenującego cieku/zbiornika. Na żółtym tle zaznaczono dane wejściowe do obliczeń, zaś na niebieskim wielkości obliczane.

Zależność obowiązuje zarówno w przypadku wody gruntowej spiętrzonej jak i niespiętrzonej. W obu tych przypadkach pierwszy profil ($i = 1$) w przekroju hydrogeologicznym lokalizuje się w pobliżu linii (punktu) przecięcia zwierciadła wody spiętrzonej ze skarpą cieku/zbiornika.

Zależności te stosuje się do obliczeń zarówno rzędnej zwierciadła wody niespiętrzonej W' , jak i spiętrzonej Ws' w gruncie. Podstawę obliczeń stanowi rzędna W_A zwierciadła wody niespiętrzonej i rzędna Ws_A zwierciadła wody spiętrzonej w cieku/zbiorniku.

Przyjmuje się zasadę, że zwierciadło wody gruntowej (niespiętrzonej i spiętrzonej) nie wznosi się ponad teren, co formalnie można zapisać: jeżeli $W' \geq T$ to $W' = T$, gdzie T - rzędna terenu.

Parametr a oznacza wysokość pasa ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika. Wysokość tę oblicza się wg wzorów P. J. Polubarinowej-Kocziny. Wzory te doprowadzono do przybliżonej postaci wykorzystywanej w przedmiotowej metodyce (rys. II.1):

Jeżeli $\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} > 0,6$ to:

$$a = 0$$

Jeżeli $0 \leq \frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \leq 0,6$ to:

$$a = (W'_2 - P_1) \left[-2,667 \left(\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \right)^3 + 2,63 \left(\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \right)^2 - 0,88 \left(\frac{W_A - P_1}{W'_2 - P_1} \right) + 0,1 \right]$$

$$l = (W'_2 - P_1) \approx (W_A - P_1 + 0,5)$$

gdzie:

a - wysokość pasa ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika, m,

W_A, W'_2 - rzędne odpowiednio zwierciadła wody w cieku/zbiorniku i w gruncie w profilu 2, m n.p.m.,

P_1 - rzędna spągu warstwy wodonośnej w profilu 1, m n.p.m.

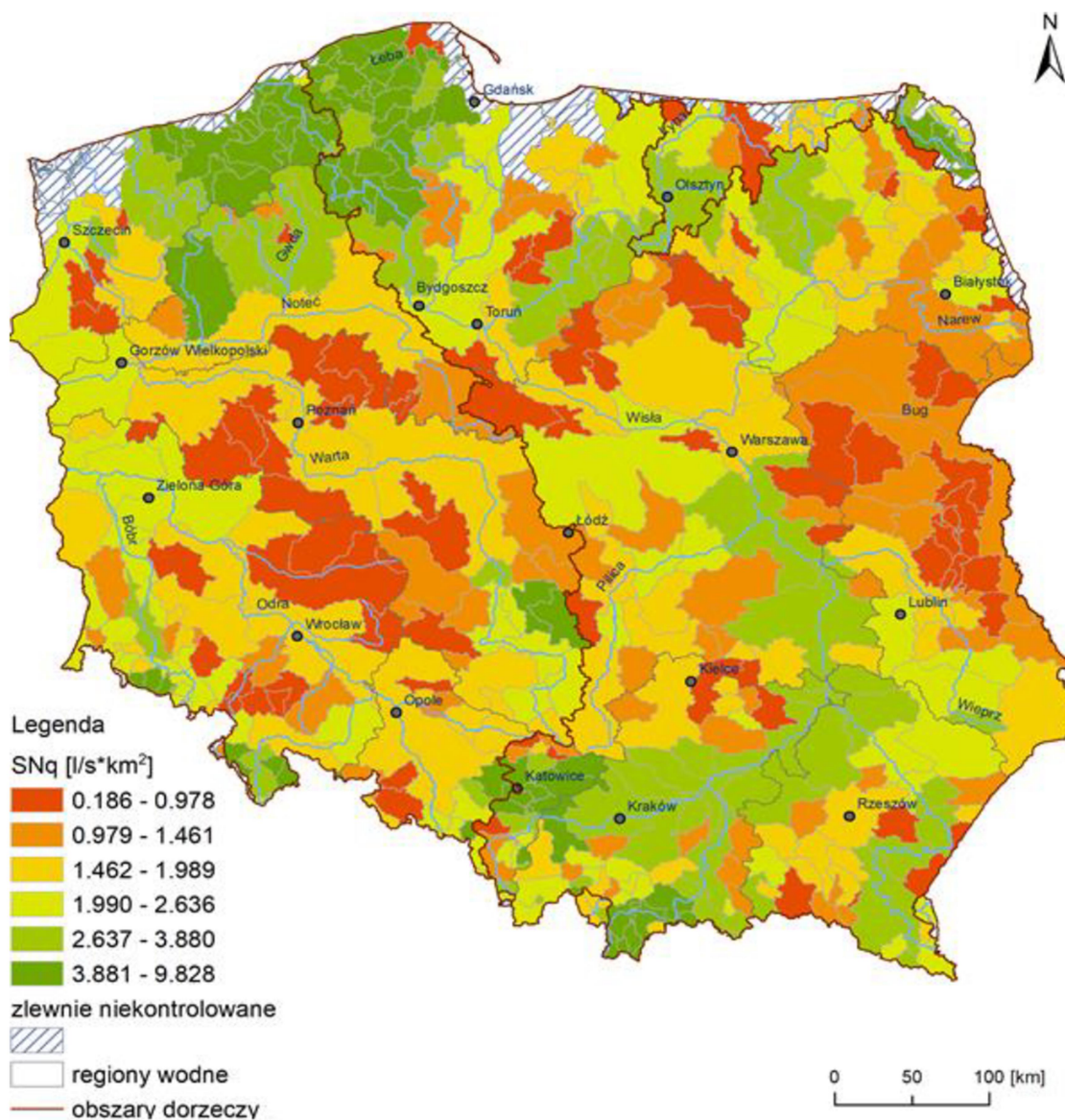
l - odległość między profilami 1 i 2, m.

Zakłada się, że natężenie przepływu $Q_{i,i+1}$ między dwoma profilami, kształtowane jest przez odpływ q ($\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$) ze zlewni. W obliczeniach domyślnie przyjmuje się, że odpływ ten jest równy odpływowi średniemu niskiemu SNq ze zlewni, zaś w obszarze ze spiętrzoną wodą odpływ ten ulegnie redukcji i wyniesie q_s ($\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$). Odpływ SNq można wyznaczać wg mapy odpływów jednostkowych (rys. II.2).

Wartość q_s oblicza się wg wzoru $q_s = \text{współczynnik}(q_s) \cdot q$. Współczynnik ten może przyjmować wartości z przedziału $<-1; 1>$. W obliczeniach domyślnie zakłada się, że jego wartość

równa się zero, tzn. $współczynnik(qs) = 0$. Oznacza to założenie, że obszar ze spiętrzoną wodą nie zasila w wodę ciek/zbiornika i odwrotnie, ciek/zbiornik nie alimentuje terenów ze spiętrzoną wodą.

Aby wyznaczyć wartość $Q_{i,i+1}$ należy uprzednio znać zasięg spiętrzenia wody w gruncie pod wpływem piętrzenia wody w ciek/zbiorniku.



Rys. II.2. Mapa średniego niskiego odpływu jednostkowego (SNq) wg Programu przeciwdziałania niedoborowi wody, 2021, opracowana na podstawie danych IMGW-PIB

W przypadku ciek natężenie przepływu w warstwie wodonośnej o szerokości 1 metra w i -tym profilu poza strefą spiętrzenia wody w gruncie, a więc gdy $Lg < x_i \leq L$ wyraża się wzorem:

$$Q_i = 0,0000864 \cdot q \cdot (L - x_i)$$

zaś w profilu w strefie spiętrzenia wody w gruncie ($x \leq Lg$):

$$Q_i = 0,0000864 \cdot [q \cdot (L - Lg) + q_s \cdot (Lg - x_i)]$$

gdzie:

Q_i – natężenie przepływu wody w warstwie wodonośnej o szerokości 1 m w dowolnym (i -tym) profilu oddalonym od brzegu cieku/zbiornika o x , $m^3/(m \cdot d)$,

q – odpływ jednostkowy wody ze zlewni cieku/zbiornika, $dm^3/(s \cdot km^2)$,

q_s – odpływ jednostkowy wody ze zlewni cieku/zbiornika w obszarze pod wpływem piętrzenia, $dm^3/(s \cdot km^2)$,

L – długość drogi spływu wód gruntowych z granicy zlewni do cieku/zbiornika w linii przekroju hydrogeologicznego, m,

Lg – zasięg spiętrzenia wody w gruncie, m,

x_i – odległość profilu w linii przekroju hydrogeologicznego od linii (punktu) przecięcia zwierciadła wody spiętrzonej ze skarpą cieku/zbiornika, m.

Dla zbiornika, natężenie przepływu wody w warstwie wodonośnej w profilu poza spiętrzeniem wody w gruncie, tj. gdy $Lg_z < x_i \leq L$ wyraża się wzorem:

$$Q_i = 0,0000432 \cdot q \frac{\left(L + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(x_i + \frac{d}{2}\right)^2}{x_i + \frac{d}{2}}$$

W przeciwnym przypadku, tj. gdy $x_i \leq Lg_z$

$$Q_i = 0,0000432 \cdot \left[q \frac{\left(L + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(Lg_z + \frac{d}{2}\right)^2}{x_i + \frac{d}{2}} + q_s \frac{\left(Lg_z + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(x_i + \frac{d}{2}\right)^2}{x_i + \frac{d}{2}} \right]$$

gdzie:

Lg_z – zasięg spiętrzenia wody w gruncie pod wpływem piętrzenia wody w zbiorniku, m.

Ostatni (N -ty) profil w przekroju hydrogeologicznym powinien być oddalony od brzegu cieku/zbiornika na odległość L_z nie mniejszą niż wynosi zasięg spiętrzenia Lg, Lg_z wody gruntowej i nie większą niż wynosi odległość L między brzegiem cieku/zbiornika i granicą zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego:

$$Lg, Lg_z \leq L_z \leq L,$$

gdzie: L_z – odległość ostatniego profilu w przekroju hydrogeologicznym od brzegu cieku/zbiornika (orientacyjne wartości podano w tabeli Z6 w części **Użyteczne tabele**).

Zasięgi L_g i L_{g_z} spiętrzenia (cofki) wody w gruncie są odległościami od brzegu cieku/zbiornika do profilu w linii przekroju hydrogeologicznym, w którym domyślnie $\Delta W' = (Ws' - W') \approx 0,10$ m, gdzie Ws' i W' oznaczają rzędne odpowiednio wody gruntowej spiętrzonej i wody gruntowej nie spiętrzonej. Jeżeli $L_g, L_{g_z} > L$, to w obliczeniach przyjmuje się $L_g, L_{g_z} = L$. Obliczenia zasięgu spiętrzenia nie są możliwe, gdy $L_g, L_{g_z} > L_z$, czyli gdy w odległości L_z spełniony jest warunek $\Delta W' = (Ws' - W') > 0,10$ m. W takiej sytuacji wymagane są charakterystyki warunków hydrogeologicznych i glebowych w nowych, bardziej odległych profilach.

Jeżeli wiadomo, że cofka kończy się między dowolnymi profilami i oraz $i+1$, tzn. $Ws'_i - W'_i \geq 0,10$ m oraz $Ws'_{i+1} - W'_{i+1} \leq 0,10$ m, to jej zasięg x od i -tego profilu wyrazi się wzorem:

$$x = L_{i,i+1} \cdot \frac{Ws'_i - W'_i - 0,10}{Ws'_i - W'_i + W'_{i+1} - Ws'_{i+1}}$$

gdzie:

Ws'_i, Ws'_{i+1} – rzędna zwierciadła wody gruntowej spiętrzonej (pod wpływem cofki) odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -m profilu,

W'_i, W'_{i+1} – rzędna zwierciadła wody gruntowej niespiętrzonej odpowiednio w i -tym oraz $i+1$ -m profilu,

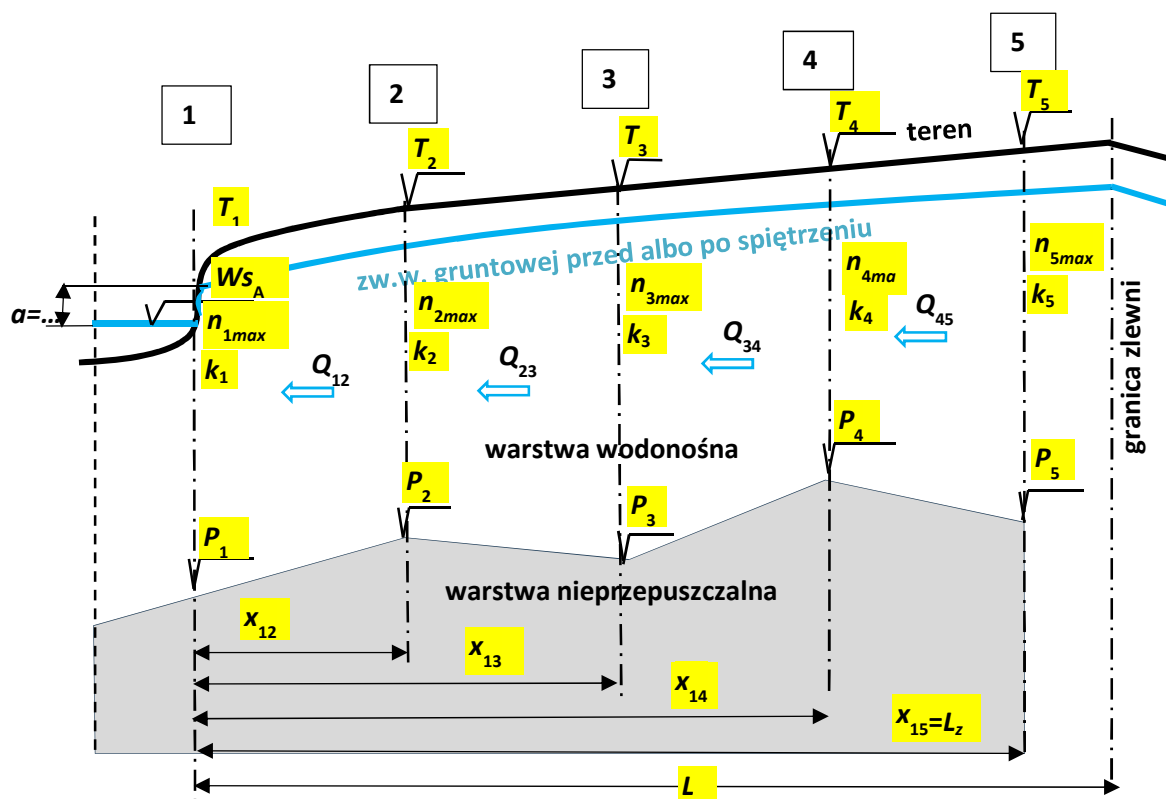
$L_{i,i+1}$ – odległość między profilami i oraz $i+1$.

Dane wejściowe do obliczeń i ich źródła:

1. płytki przekrój hydrogeologiczny (glebowo-gruntowy, pierwszej warstwy wodonośnej) wzdłuż linii spływu wód gruntowych do cieku/zbiornika z zaznaczonymi profilami 1, 2, 3, ..., N . W przybliżeniu przekrój ten może przebiegać w linii prostopadłej do cieku/brzegu zbiornika w którym woda jest piętrowa i powinien być oddalony od budowli piętrzącej wodę na odległość równą ok. 1/3 długości cofki na cieku. Profil 1, zlokalizowany na skarpie cieku/zbiornika, uważa się za początek przekroju hydrogeologicznego.
2. odległości x_i profili od skarpy cieku/zbiornika, m,
3. długość L drogi spływu wód gruntowych do cieku/zbiornika, od początku przekroju hydrogeologicznego (profil 1) do granicy zlewni cieku/zbiornika, m,
4. charakterystyki hydrogeologiczne (glebowo-gruntowe) panujące w profilach (rys. II.3):
 - rzędna T_i terenu, m n.p.m.,
 - rzędna P_i podstawy (spągu) warstwy wodonośnej, m n.p.m.,
 - współczynnik filtracji k_i warstwy wodonośnej, m/d,

5. charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie średni niski odpływ jednostkowy SNq wody ze zlewni cieku/zbiornika w warunkach naturalnych (bez piętrzenia wody), $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,
6. charakterystyczny odpływ jednostkowy, domyślnie zerowy, wody ze zlewni cieku/zbiornika ze spiętrzoną wodą gruntową, $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$,
7. granica zlewni w pobliżu piętrzenia wody w cieku i wyznaczona na tej podstawie odległość L od cieku/zbiornika do granicy zlewni w linii przekroju hydrogeologicznego,
8. rzędna Ws_A zwierciadła wody spiętrzonej oraz rzędna W_A zwierciadła wody w cieku/zbiorniku bez piętrzenia w punkcie początkowym przekroju hydrogeologicznego (rys. II.3), m n.p.m.

Najbardziej miarodajne dane wejściowe do obliczeń mogą pochodzić z bezpośrednich pomiarów hydrogeologicznych w otworach wiertniczych oraz odpowiednich pomiarów geodezyjnych przedmiotowego obszaru. W przybliżonych obliczeniach można stosować dane pochodzące z map topograficznych (sytuacyjno-wysokościowych), map geologicznych, map pierwszej warstwy wodonośnej oraz z obserwacji i wywiadów prowadzonych z lokalnymi mieszkańcami.



Rys. II.3. Płytki przekrój hydrogeologiczny z pełnym zestawem danych niezbędnych do obliczania położenia zwierciadła wód gruntowych w jednorodnej warstwie wodonośnej przy znanym natężeniu przepływu wody Q na poszczególnych odcinkach warstwy wodonośnej. Wielkości na żółtym tle są wymagane i pochodzą z bezpośrednich pomiarów, założeń, obliczeń lub szacunków. Niektóre oznaczenia: Ws_A – rzędna zw. wody (spiętrzonej) w cieku/zbiorniku, a – wysokość warstwy ociekania wody po skarpie cieku/zbiornika, k – współczynniki filtracji warstwy wodonośnej, n – współczynniki porowatości efektywnej, T , P – rzędne odpowiednio terenu i spągu warstwy wodonośnej, x – odległości profilów od brzegu cieku/zbiornika, L – odległość granicy zlewni od brzegu cieku/zbiornika.

UWAGA: W obliczaniach zmian położenia zwierciadła wody gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w małym cieku/zbiorniku wg oprogramowanej metodyki stosuje się parametry hydrogeologiczne, których pomiar jest pracochłonny. Dlatego dopuszcza się oszacowanie ich wartości w sposób przybliżony metodami pośrednimi. Szczególnie w tym przypadku, zaleca się krytyczne podejście do uzyskanych wyników. Szczególną uwagę należy zwrócić na obliczony przebieg zwierciadła wody gruntowej niespiętrzonej i spiętrzonej w terenie przyległym do cieku/zbiornika. Zwierciadło to nie powinno wychodzić na powierzchnię terenu, gdy z wywiadów z miejscową ludnością wynika, że takie sytuacje nie zdarzały się, szczególnie w okresach suchych (przy średnich niskich przepływach wody w cieku). W tym przypadku proponuje się zmniejszenie odpływu jednostkowego SN_q wody ze zlewni, a nawet korektę parametrów hydrogeologicznych: zwiększenie wartości współczynnika filtracji k i obniżenie rzędnej P spągu warstwy wodonośnej (zwiększenie miąższości warstwy wodonośnej). Korekty te nie powinny wykraczać poza wartości graniczne podawane w literaturze (patrz rys. II.2, tab. Z1 w części **Użyteczne tabele**).

METODYKA OBLICZANIA POLA POWIERZCHNI ZIEMI POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W CIEKU/ZBIORNIKU

W tej części podano kilka wzorów wg których oblicza się powierzchnię A oddziaływania piętrzenia wody w cieku/zbiorniku na tereny przyległe. Forma tych wzorów jest uzależniona m. in. od lokalizacji budowli piętrzącej (na cieku, na zbiorniku) oraz od wpływu budowli piętrzącej na zbiorniku na stany wody na cieku (jest albo nie ma wpływu). Sytuacje te przedstawiono na rys. II.4.

Wzór na powierzchnię pod wpływem piętrzenia wody w cieku niemeandrującym na długości zasięgu cofki (o dość prostym odcinku) wyprowadzono przy założeniu, że ma ona kształt trójkąta o wysokości równej długości cofki L_c (rys. II.4.a). Przy tym założeniu powierzchnię $A = A_a$ oblicza się wg wzoru:

$$A_a) = \frac{1}{10000 \cdot (1-\alpha)} \cdot Lg \cdot Lc, \text{ ha}$$

gdzie: α - współczynnik opisujący lokalizację na cieku początkowego punktu przekroju hydrogeologicznego. Domyślnie przyjmuje się, że $\alpha = 1/3$. Oznacza to, że początek przekroju hydrogeologicznego znajduje się w odległości $1/3$ długości L_c cofki wody od miejsca piętrzenia wody w cieku (rys. II.4.a, b). W przypadku piętrzenia wody w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku odległość tę liczy się od ujścia cieku do zbiornika. Przy tej wartości współczynnika istnieje znaczne prawdopodobieństwo, że przyrost retencji na jednostce powierzchni (m^3/ha) tego przekroju hydrogeologicznego będzie zbliżony do przyrostu retencji na jednostce powierzchni całego obszaru pod wpływem piętrzenia wody w cieku oraz, że na podstawie zasięgu spiętrzenia w tym przekroju oszacuje się pole powierzchni całego obszaru pod wpływem piętrzenia wody w cieku.

W najbardziej złożonym przypadku, gdy woda jest piętrzona w zbiorniku i piętrzenie to oddziałuje na stan wody w cieku oraz na wody gruntowe wokół cieku i zbiornika (rys. II.4.b), pole $A = A_b$ wyrazi się wzorem:

$$A_b) = \frac{1}{10000 \cdot (1-\alpha)} \cdot Lg \cdot Lc + \frac{3,14}{10000} \cdot \left[(L_{gz})^2 + L_{gz} \cdot d \right] - \frac{1}{10000} \left[2 \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) - \sin \left(2 \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) \right) \right] \left(L_{gz} + \frac{d}{2} \right)^2, \text{ ha.}$$

W mniej złożonych przypadkach, gdy woda piętrzona jest tylko w zbiorniku, stosowne wzory przyjmą postać:

- w sytuacji, gdy zbiornik posiada ujście wody w postaci cieku silnie drenującego tereny przyległe (rys. II.4.c)

$$A_c) = \frac{3,14}{10000} \cdot \left[(L_{gz})^2 + L_{gz} \cdot d \right] - \frac{1}{20000} \left[2 \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) - \sin \left(2 \cdot \arccos \left(\frac{d}{2(L_{gz} + \frac{d}{2})} \right) \right) \right] \left(L_{gz} + \frac{d}{2} \right)^2, \text{ ha}$$

- w sytuacji, gdy zbiornik zasilany jest tylko wodami opadowymi, roztopowymi i wodami gruntowymi a nadmiar wody odpływa ciekiem słabo drenującym tereny przyległe (rys. II.4.d)

$$A_d) = \frac{3,14}{10000} \cdot \left[(L_{gz})^2 + L_{gz} \cdot d \right]$$

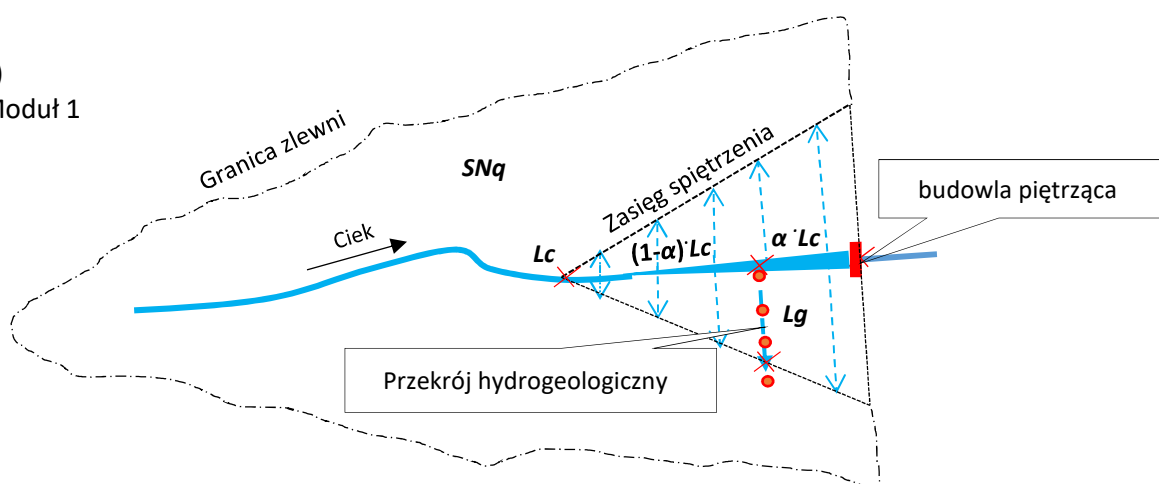
gdzie: Lg – zasięg spiętrzenia wody w gruncie w linii przekroju hydrogeologicznego rozpoczynającego się w odległości 1/3 długości cofki, m,

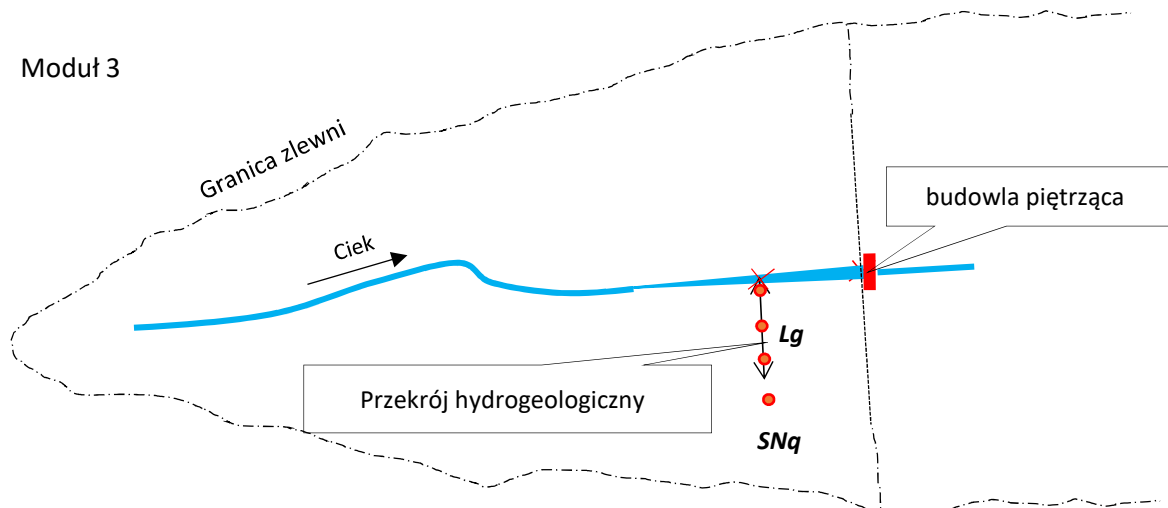
Lgz - zasięg spiętrzenia wody w gruncie w linii przekroju hydrogeologicznego od spiętrzenia wody w zbiorniku, m,

Lc – długość cofki na cieku, m,

d – szerokość (średnica) w m zbiornika po spiętrzeniu w nim wody, obliczana na podstawie pola powierzchni A w ha, zwierciadła wody po spiętrzeniu, wg wzoru $d = 112,9 \cdot \sqrt{A}$.

a)
Moduł 1





Rys. II.5. Schemat lokalizacji przekroju hydrogeologicznego w dolinie cieku wodnego

Bardziej dokładnie, pole powierzchni A , na którą oddziałuje piętrzenie wody w cieku/zbiorniku można określić na podstawie obliczonych zasięgów spiętrzenia wody w gruncie w kilku przekrojach hydrogeologicznych prostopadłych do cieku/brzegu zbiornika (do doliny cieku). W tym przypadku konieczne są dodatkowe informacje do obliczeń identycznych do tych, które opisano w przypadku jednego przekroju hydrogeologicznego. Obliczenia można wykonywać wg modułu 3 (rys. II.5) albo wg modułu 1 przy różnych wartościach współczynnika α oraz modułów 3 albo 4 (rys. II.4).

METODYKA OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI GLEBOWO-GRUNTOWEJ (POTENCJAŁU RETENCYJNEGO) POD WPŁYWEM PIĘTRZENIA WODY W CIEKU/ZBIORNIKU

Do obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej ΔR w i -tym profilu hydrogeologicznym (glebowo-gruntowym) stosuje się zależność:

$$\Delta R_i = 1000 \cdot (\delta - \delta_s)$$

gdzie:

ΔR_i - przyrost retencji glebowo-gruntowej w profilu, mm,

δ, δ_s – odciekalność wody glebowo-gruntowej pod wpływem obniżenia się zwierciadła wody gruntowej odpowiednio do poziomu zwierciadła wody gruntowej przed i zwierciadła wody gruntowej po spiętrzeniu, m,

Odciekalności δ i δ_s oblicza się wg wzorów opracowanych przez E. Kacę:

Jeżeli:

$$1) (T_i - Ws'_i) < 0 \text{ to } \delta_s = 0$$

$$2) 0 \leq (T_i - Ws'_i) \leq z_p \text{ to } \delta_s = 0,5 \cdot a \cdot (z_p - T_i + Ws'_i)^2 - a \cdot (z_p - T_i + Ws'_i) + 0,5 \cdot a$$

$$3) (T_i - Ws'_i) > z_p \text{ to } \delta_s = -a \cdot z_p \cdot (z_p - T_i + Ws'_i) + 0,5 \cdot a \cdot z_p^2$$

$$4) (T_i - W'_i) < 0 \text{ to } \delta = 0$$

$$5) 0 \leq (T_i - W'_i) \leq z_p \text{ to } \delta = 0,5 \cdot a \cdot (z_p - T_i + W'_i)^2 - a \cdot (z_p - T_i + W'_i) + 0,5 \cdot a$$

$$6) (T_i - W'_i) > z_p \text{ to } \delta = -a \cdot z_p \cdot (z_p - T_i + W'_i) + 0,5 \cdot a \cdot z_p^2$$

gdzie:

T_i – rzędna terenu i -tego profilu, m n.p.m.,

Ws'_i – rzędna zwierciadła wody gruntowej w i -tym profilu po spiętrzeniu wody w cieku/zbiorniku, m n.p.m.,

W'_i – rzędna zwierciadła wody gruntowej w i -tym profilu przed spiętrzeniem wody w cieku/zbiorniku, m n.p.m.,

z_{mi} – minimalna norma odwodnienia w i -tym profilu, m,

z_p – skuteczny zasięg podsiąku kapilarnego w i -tym profilu, m,

n_{max} – współczynnik porowatości efektywnej (drenażowej) warstwy wodonośnej, (-),

$a = n_{max}/z_p$.

Jeżeli $T_i - Ws'_i < z_{min}$ to w obszarze reprezentowanym przez i -ty profil może nastąpić nadmierne, niekorzystne z punktu widzenia rolnictwa uwilgotnienie korzeniowej warstwy gleby (uwilgotnienie **zbyt duże**). Jeżeli $T_i - Ws'_i > z_p$ to w obszarze reprezentowanym przez i -ty profil przyrost retencji glebowo-gruntowej ΔR może być obojętny z punktu widzenia rolnictwa, gdyż może nie powodować wzrostu wilgotności w warstwie korzeniowej roślin (uwilgotnienie **zbyt małe**). Natomiast gdy $z_{min} < T_i - Ws'_i < z_p$ to warunki są korzystne dla roślin uprawnych (uwilgotnienie **odpowiednie**).

Przyrost retencji glebowo-gruntowej na obszarze pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku oblicza się wg wzoru:

$$\Delta R_{obszar} = A \cdot \Delta R_j$$

gdzie:

ΔR_{obszar} – przyrost retencji glebowo-gruntowej (glebowo-gruntowego potencjału retencyjnego) na obszarze oddziaływania A , m³,

A – powierzchnia obszaru pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku, wyżej oznaczana symbolami A_a, A_b, A_c, A_d , ha

ΔR_j – średni jednostkowy przyrost retencji wody glebowo-gruntowej w wyniku piętrzenia wody w cieku/zbiorniku, m³/ha. Zakłada się, że jest on równy przyrostowi retencji w pasie przekroju hydrogeologicznego o wymiarach ($L_g \times 1$) w przypadku piętrzenia wody w cieku i wycinka pierścienia koła o grubości L_{gz} w przypadku piętrzenia wody w zbiorniku, przeliczonemu na powierzchnię 1 ha. L_g oznacza zasięg spiętrzenia wody w gruncie w przekroju hydrogeologicznym od budowli piętrzącej wodę w cieku, zaś L_{gz} - zasięg spiętrzenia wody w gruncie w przekroju hydrogeologicznym od zbiornika, m.

Wartość ΔR_j oblicza się wg wzoru (średnia ważona):

$$\Delta R_j = 10 \cdot \frac{\sum f_i \cdot \Delta R_i}{\sum f_i} \quad i = 1, 2, \dots, N$$

gdzie:

ΔR_i - przyrost retencji glebowo-gruntowej w i -tym profilu glebowo-gruntowym, mm,

N – liczba profili w przekroju hydrogeologicznym w zasięgu piętrzenia wody w gruncie. Zakłada się, że ostatni (N -ty) profil znajduje się na granicy zasięgu spiętrzenia wody w gruncie.

f_i – powierzchnia reprezentowana przez i -ty profil (w formie prostokąta lub wycinka pierścienia koła), ha.

W przypadku spiętrzenia wody w gruncie od cieku:

$$f_i = 0,0001 \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} - \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \right) \quad i = 2, 3, \dots, N - 1$$

$$f_1 = 0,0001 \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$f_N = 0,0001 \left(x_N - \frac{x_{N-1} + x_N}{2} \right)$$

gdzie: x_i oznacza odległość profilu w linii przekroju hydrogeologicznego od linii (punktu) przecięcia zwierciadła wody spiętrzonej ze skarpą cieku/zbiornika, m (teoretycznie $x_1 = 0$)

W przypadku spiętrzenia wody w gruncie od zbiornika każdy profil reprezentuje pole powierzchni o kształcie wycinka pierścienia koła, a więc :

$$f_i = 0,000314 \cdot \left[\left(\frac{d}{2} + \frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} + \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \right)^2 \right] \quad i = 2, 3, \dots, N - 1$$

$$f_1 = 0,000314 \left[\left(\frac{d}{2} + \frac{x_1 + x_2}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right]$$

$$f_N = 0,000314 \cdot \left[\left(\frac{d}{2} + x_N \right)^2 - \left(\frac{d}{2} + \frac{x_{N-1} + x_N}{2} \right)^2 \right]$$

gdzie: d oznacza średnice zbiornika na poziomie spiętrzonej wody, m, wyznaczaną wg wzoru $d = 112,9 \cdot \sqrt{A}$, A jest polem powierzchni zwierciadła spiętrzonej wody zbiornika w ha.

Bardziej dokładnie przyrost retencji glebowo-gruntowej pod wpływem piętrzenia wody w cieku/zbiorniku można określić podobnie jak w przypadku pola powierzchni A , na którą to piętrzenie oddziałuje. Przyrost ten będzie sumą iloczynów obliczonych jednostkowych przyrostów retencji glebowo-gruntowej ΔR_j w kilku przekrojach hydrogeologicznych prostopadłych do cieku/brzegu zbiornika pomnożonych przez pola powierzchni jakie te przekroje reprezentują. W tym przypadku również byłyby konieczne dodatkowe informacje do obliczeń identycznych do tych, które opisano w przypadku jednego przekroju hydrogeologicznego. W tym przypadku obliczenia można wykonywać wg modułu 3 (rys. II.5) oraz wg modułu 1 przy różnych wartościach współczynnika α oraz modułów 3 albo 4 (rys. II.4).

Realizacja obliczeń

Obliczenia powinny być prowadzone zgodnie z instrukcją dołączoną do niniejszej metodyki i zawartej w programie.

Wykorzystana literatura w cz. I i II

FLISOWSKI J., IWANEJKO R., TRZOS O., WIECZYSTY A., BRZOZA-WÓJCIK M., 1986. Prognozowanie wpływu piętrzenia rzek na wody podziemne i obliczanie systemów odwadniających. Poradnik. Wyd. Politechniki Krakowskiej.

KACA E., 2020. Model IrrDrain i modele towarzyszące. W: Operacyjne sterowanie procesem nawodnień podsiąkowych i odwodnień – komputerowy system wspomagania decyzji wraz z przykładami zastosowania (red. naukowe E. Kaca). Wyd. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. Poznań.

KISIELEV P. G (red.), 1974. Spravocznik po gidrawliczeskim rasczotam. Wyd. Energia.

KOSTIAKOW A.N. 1960. Osnovy melioracji. Gosudarstwennoje Izdatielstwo Sjelskochozjaistviennoj Literatury. Moskva.

KUBRAK E., KUBRAK J. 2018. Podstawy obliczeń z mechaniki płynów w inżynierii i ochronie środowiska. Wydawnictwo SGGW

MIODUSZEWSKI W., 1989. Regulowanie zwierciadła wód gruntowych w dolinach małych rzek nizinnych. Biblioteczka Wiadomości IMUZ Nr 73. Wydawnictwo PWRiL Warszawa

PAZDRO Z., 1983. Hydrogeologia ogólna. Wyd. geologiczne. Warszawa.

RITZEMA H. P. (Editor-in-Chief), 2006. Drainage Principles and Applications. Wyd. IILRI. Wageningen, The Netherlands.

Użyteczne tabele

Tab. Z1. Orientacyjne wartości współczynnika filtracji warstwy wodonośnej k w m/d, wg Smedemy i Rycroft'a

TEKSTURA	Współczynnik filtracji k	
	min	max
Żwir gruboziarnisty piasek	10	50
Piasek średni	1	5
Ił piaszczysty, drobny piasek	1	3
Ił, Gлина ilasta, glina (o dobrej strukturze)	0,5	2
Bardzo drobny piaszczysty ił	0,2	0,5

Tab. Z2. Minimalna norma odwodnienia $z_{\min}^{1)}$ gruntów ornych, w m

GRUPA GRANULOMETRYCZNA	Miąższość głównej masy korzeniowej roślin, z_a , m						
	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
Piasek luźny	0,21	0,26	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51
Piasek gliniasty	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
Gлина piaszczysta/gлина lekka	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67
Gлина piaszczysto-ilasta	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05
Ił piaszczysty	0,76	0,81	0,86	0,91	0,96	1,01	1,06
Ił zwykły	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26	1,31	1,36
Ił pylasty	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86	0,91
Gлина pylasto-ilasta	0,96	1,01	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26
Gлина ilasta	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88	0,93
Gлина zwykła	0,58	0,63	0,68	0,73	0,78	0,83	0,88
Pył ilasty/pył gliniasty	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37
Pył zwykły	2,19	2,24	2,29	2,34	2,39	2,44	2,49

¹⁾ głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej, warunkująca 6% powietrza przy PPW w warstwie gleby z główną masą korzeniową roślin.

Tab. Z3. Orientacyjne wartości zasięgu podsiąku kapilarnego na glebach torfowo-murszowych, mineralno-murszowych i murszowatych właściwych

PROGNOSTYCZNY KOMPLEKS WILGOTNOŚCIOWO-GLEBOWY	z_p, m
A – mokry, AB – okresowo mokry	1,40
B – wilgotny, BC – okresowo posuszny	1,10
C – posuszny, CD – okresowo suchy	0,80

Tab. Z4. Orientacyjne wartości zasięgu podsiąku kapilarnego na glebach mineralnych¹⁾

PROGNOSTYCZNY KOMPLEKS WILGOTNOŚCIOWO-GLEBOWY	z_p, m
BC – okresowo posuszny	1,20
C – posuszny, CD – okresowo suchy	1,10
D – suchy	0,70

¹⁾ Dla gleb o składzie granulometrycznym piasku gliniastego i gliny piaszczystej/gliny lekkiej orientacyjną wartość z_p można przyjąć równą głębokości drenowania (ok. 1 m).

Tab. Z5. Orientacyjne wartości współczynnika porowatości drenażowej warstwy wodonośnej

GRUPA GRANULOMETRYCZNA	Współczynnik n_{max} -
Piasek luźny	0,29
Piasek gliniasty	0,19
Gлина piaszczysta/glina lekka	0,12
Glina piaszczysto-ilasta	0,04
Ił piaszczysty	0,03
Ił zwykły	0,02
Ił pylasty	0,05
Glina pylasto-ilasta	0,09
Glina ilasta	0,04
Glina zwykła	0,09
Pył ilasty/pył gliniasty	0,07

Tab. Z6. Orientacyjne zasięgi L_g krzywej spiętrzenia wody w gruncie przy piętrzeniu wody w cieku na wysokość 1 metra^{1), 2)}

TEKSTURA GRUNTU	Zasięg L_g w m
grunty drobnoziarniste	200 - 500
grunty średnioziarniste	500 - 1000
grunty gruboziarniste	1000 - 2000

¹⁾ Zasięg krzywej spiętrzenia nie może wychodzić poza granicę hydrogeologicznej (ew. powierzchniowej) zlewni cieku

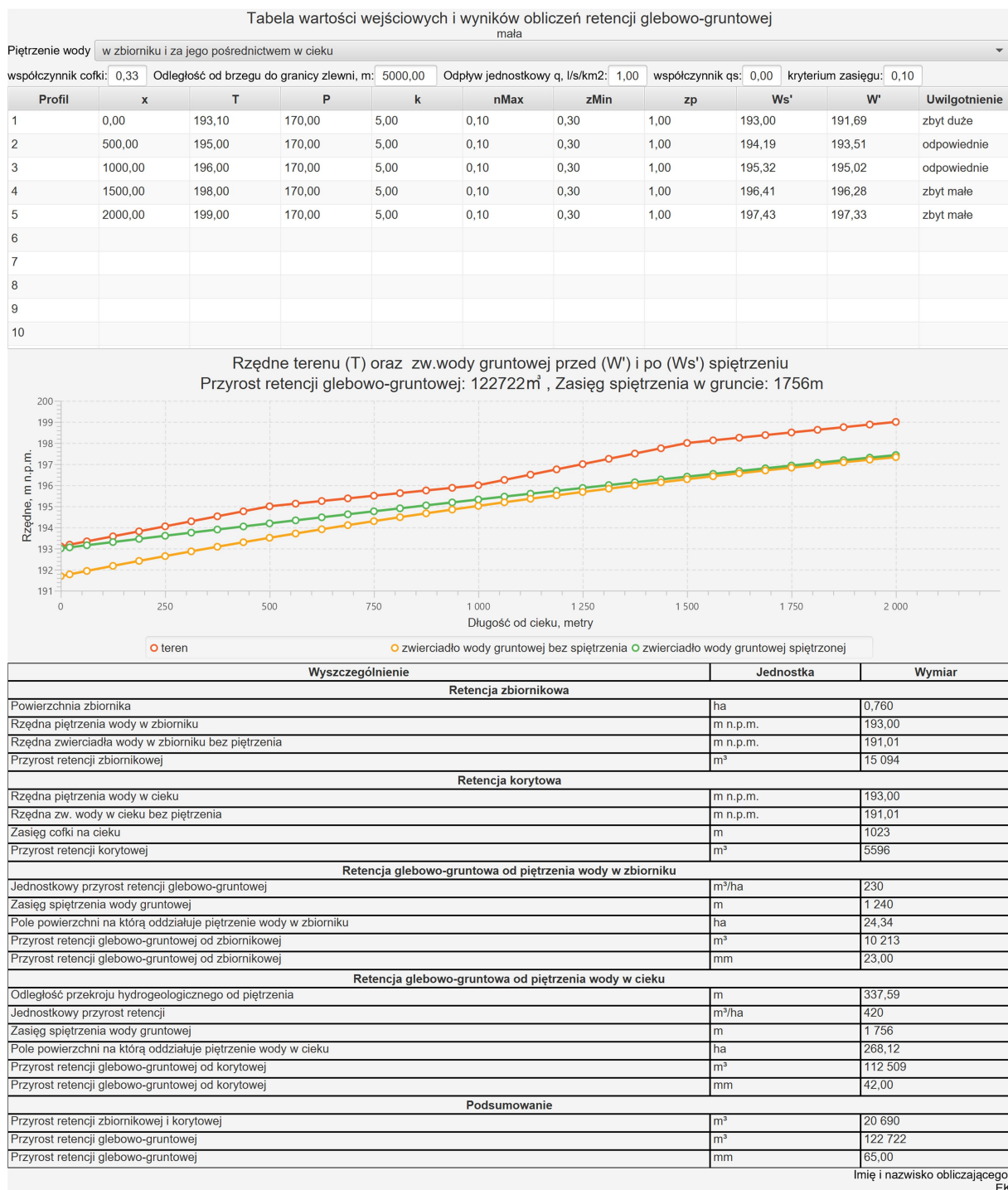
²⁾ Zasięg spiętrzenia L_{gz} wody gruntowej od piętrzenia wody w zbiorniku jest kilka razy mniejszy niż zasięg spiętrzenia L_g wody gruntowej od piętrzenia wody w cieku.

Tab. Z7. Współczynniki szorstkości naturalnych małych cieków nizinnych wg Ven Te Chowa

CHARAKTERYSTYKA KORYTA	Współczynnik n , $m^{-1/3}s$
Cieki czyste, proste, bez mielizn i dołów	0,030
Jw., lecz z dużymi kamieniami i roślinnością	0,035
Cieki czyste, kręte z łachami i dołami	0,040
Jw., lecz z kamieniami i roślinnością	0,045
Jw., przy niskich stanach wody, nieznacznych spadkach i małych przekrojach poprzecznych	0,048
Cieki czyste, kręte, z łachami i dołami, z dużą ilością kamieni	0,050
Cieki z odcinkami o małej prędkości przepływu z zaroślami i głębokimi dołami	0,070
Odcinki całkowicie zarośnięte z głębokimi dołami lub z wikliną i pniami zwalonych drzew	0,100

Fragment raportu końcowego (obliczenia wykonane wg modułu 2)

Wpływ piętżenia wody w cieku/zbiorniku wodnym na przyrost retencji korytowej, zbiornikowej i glebowo-gruntowej terenu przyległego



Fragment raportu końcowego (obliczenia wykonane wg modułu 4)

Wpływ piętrenia wody w zbiorniku wodnym na przyrost retencji zbiornikowej i glebowo-gruntowej terenu przyległego



INSTRUKCJA KORZYSTANIA Z PROGRAMU KOMPUTEROWEGO OBLICZANIA PRZYROSTU RETENCJI

Struktura programu i podstawowe zasady

Korzystanie z oprogramowania wymaga przejścia do odpowiedniej lokalizacji na komputerze, w której został zainstalowany folder **Main** z plikami programu oraz uruchomienia pliku startowego **retencja.exe**. Z uwagi na zainstalowane oprogramowania antywirusowe, system może początkowo blokować uruchomienie pliku startowego. Należy zaakceptować ryzyko związane z otwarciem pliku startowego, np.: system Windows poinformuje, że ochronił ten komputer, ale filtr Microsoft Defender SmartScreen uniemożliwił uruchomienie aplikacji. System zaoferuje Więcej informacji. Należy kliknąć **Uruchom mimo to**.

Pierwsze okno programu jest oknem wprowadzającym. Należy w nim obowiązkowo wpisać **nazwę przedsięwzięcia** oraz obowiązkowo **imię i nazwisko** obliczającego. Wpisy te będą wykorzystywane w sprawozdaniach z obliczeń.

Program składa się z sześciu modułów obliczeniowych. W każdym z nich jest okno do wprowadzania danych wejściowych i wyprowadzania wyników obliczeń w formie tabeli i wykresu oraz okno z podsumowaniem obliczeń.

Moduły dzielą się na dwie grupy nazywane:

- Retencja korytowa
- Retencja glebowo-gruntowa.

Nazwy tych grup pojawiają się w lewym górnym rogu każdego okna. Do pierwszej grupy zalicza się tylko jeden moduł o nazwie Retencja korytowa, do drugiej zaś pięć modułów o nazwach:

- Moduł 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **na budowli piętrzącej w cieku**,
- Moduł 2 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku**,
- Moduł 3 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **bazowe**,
- Moduł 4 - Retencja glebowo-gruntowa tylko ze zbiornikiem: Piętrzenie wody **w zbiorniku, bez wpływu na stan wody w cieku**,
- Moduł 5 - Retencja glebowo-gruntowa tylko ze zbiornikiem: Piętrzenie wody **w zbiorniku bez dopływu i odpływu wody w cieku**.

Przejdzie do dowolnego modułu (okna) jest możliwe z każdego innego modułu. W tym przypadku w oknie klikamy przycisk **Moduł**, następnie **Przełącz na glebowo-gruntową** albo **Przełącz na glebowo-gruntową zbiornikową** i na koniec z paska o nazwie „Piętrzenie wody” wybieramy moduł z rysunkiem o nazwie zawierającej końcową część nazwy wybranego modułu, np. „na budowli piętrzącej w cieku”.

W każdym module istnieje możliwość wprowadzania danych wejściowych poprzez tabelę wartości wejściowych i wyników obliczeń lub też poprzez interfejs graficzny. W tym ostatnim przypadku schemat pojawi się po postawieniu kursora w tabeli na dowolne pole wpisowe danego przekroju/profilu, kliknięcie **prawym** przyciskiem myszy i naciśnięcie **Edytuj graficznie**. Na schemacie, w odpowiednich jego miejscach wprowadza się wartości wielkości wejściowych. Wartości te automatycznie wyświetlane są w tabeli wartości wejściowych i wyników obliczeń. Po najechaniu kursorem na symbole wprowadzanych danych i wyników obliczeń, pojawiają się krótkie definicje zmiennych oraz ich jednostki miary.

Wielkości wejściowe w modułach 1, 2 i 3 są identyczne. Są przenoszone z modułu do pozostałych modułów. Wystarczy je wprowadzić do któregoś z tych modułów, a zostaną przeniesione do tabel w modułach pozostałych. Podobna zasada obowiązuje w modułach 4 i 5. Oznacza to, że gdy oblicza się retencję korytową i glebowo-gruntową od cieku (koryta) wystarczy wprowadzić dane wejściowe tylko do dwóch tabel (w module - **Retencja korytowa** i w jednym z modułów 1, 2 albo 3). Gdy oblicza się również retencję glebowo-gruntową od zbiornika, należy jeszcze dodatkowo wypełnić jedną tabelę (w module 4 albo 5). Oczywiście, po jednej tabeli wypełnia się, gdy obliczana jest tylko retencja korytowa albo tylko retencja glebowo-gruntowa od zbiornika.

Wypełnione tabele umożliwiają realizację obliczeń. Prowadzi się je w odpowiedniej kolejności. Gdy oblicza się:

- retencję korytową: wylicza się (aktywuje) moduł - **Retencja korytowa**
- retencję korytową i glebowo-gruntową od cieku (koryta): najpierw wylicza się (aktywuje) moduł - **Retencja korytowa**, a następnie moduł 1
- retencję glebowo-gruntową od zbiornika wylicza się modułem 4 (gdy spust wody ze zbiornika odbywa się poprzez wciętą w dolinę rzekę) albo modułem 5 (gdy zbiornik zasilany jest tylko wodami opadowymi, roztopowymi i gruntowymi i posiada płytki ciek do upuszczania wody)
- retencję korytową i glebowo-gruntową od cieku i od zbiornika wylicza się w kolejności: moduł - **Retencja korytowa**, moduł 4 albo 5 a na koniec moduł 2

Każdy moduł zawiera przyciski sterujące wprowadzaniem danych i obliczeniami danego rodzaju retencji. Znajdują się one w górnym lewym rogu okna pod ogólną nazwą **Narzędzia główne**. Są to:

- **Wylicz**
- **Podsumowanie**
- **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**
- **Usuń automatycznie wyliczone przekroje**
- **Instrukcja.**

Po wprowadzeniu do tabeli niezbędnych danych, należy kliknąć na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**, w wyniku czego następuje automatyczne zagęszczenie przekroi/profilu pomiarowych przekrojami/profilami obliczeniowymi. Gdy chcemy powrócić do uprzednio wprowadzonych danych klikamy na przycisk **Usuń automatycznie wyliczone przekroje**. Następnie klika się przycisk **Wylicz**, co powoduje wykonanie obliczeń. W tabeli danych wejściowych pojawiają się wyniki obliczeń oraz stosowny rysunek stanowiący m. in. wykresy przebiegu na długości zwierciadła wody niespiętrzanej i spiętrzanej w cieku/w gruncie. Po obliczeniach klika się na przycisk **Podsumowanie**, w wyniku czego następuje wyświetlenie podsumowania obliczeń na ekranie komputera w pliku graficznym (.png). Można je zapisać na dysku, jak również drukować na drukarce, skopiować i wkleić do sprawozdania.

W trakcie sesji obliczeniowej wpisane dane wejściowe są automatycznie i z dużą częstotliwością zapisywane na dysku. Przy kolejnym włączeniu komputera, wpisane wartości pojawią się na ekranie w tabeli i na schematach graficznych. Wpisywanie danych można kontynuować. Na dysku mogą nie pojawić się natomiast wyniki obliczeń. Obliczenia należy powtórzyć.

Moduł - Retencja korytowa

Moduł - **Retencja korytowa** jest modułem autonomicznym i używa się go do obliczeń przyrostu retencji korytowej i zasięgu spiętrzenia wody w cieku od piętrzenia wody w cieku albo od piętrzenia wody na zbiorniku (jeziorze, stawie). Moduł jest automatycznie otwierany po oknie wprowadzającym, albo może być otwierany z okien należących do drugiej grupy modułów. Zawiera tabelę do wprowadzania danych niezbędnych do obliczeń zasięgu cofki oraz przyrostu retencji korytowej od piętrzenia wody w cieku albo zbiorniku.

Obliczenia przyrostu retencji korytowej i zasięgu cofki są wykonywane przy domyślnym założeniu, że zasięg cofki kończy się w miejscu na cieku, w którym różnica zwierciadła wody spiętrzanej i niespiętrzanej wynosi 0,05 m ($W_s - W = 0,05$ m). Wielkość ta nazywana jest kryterium zasięgu cofki i jego wartość można, w wyjątkowych przypadkach, zmieniać w okienku nazwanym **Kryterium zasięgu cofki**, po lewo poniżej tytułu tabeli.

Po lewej stronie na Pasku Zadań znajduje się przycisk **Moduł**. Służy on do aktywacji pozostałych modułów należących do drugiej grupy, czyli do przełączania obliczeń z przyrostu retencji korytowej na przyrosty retencji glebowo-gruntowej wywołanej piętrzeniem wody w cieku/zbiorniku.

W przycisku Moduł są przełączniki:

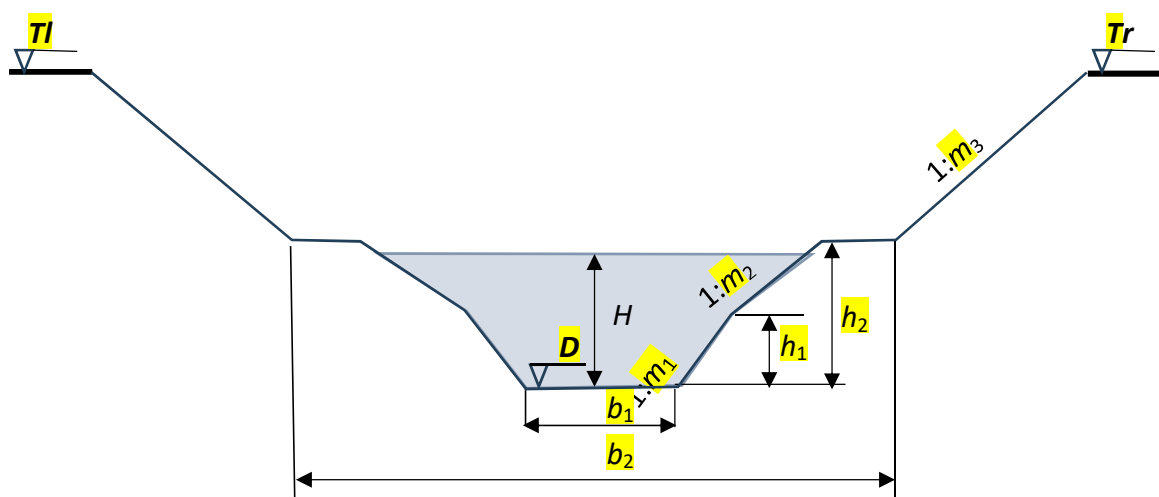
- **Przełącz na glebowo-gruntową**
- **Przełącz na glebowo-gruntową zbiornikową**

W dalszych modułach (oknach) drugiej grupy, służących do wprowadzania danych wejściowych pod przyciskiem **Moduł** znajduje się również przycisk **Przełącz na korytową**, umożliwiający przejście do modułu - **Retencja korytowa** i ponowne obliczanie retencji korytowej.

Aby wykonać obliczenia wg modułu - **Retencja korytowa** niezbędne jest wpisanie do programu charakterystyk kolejnych poprzecznych przekrojów pomiarowych cieku (w celu dokładniejszych obliczeń przekroje te są automatycznie zagęszczane przekrojami obliczeniowymi po kliknięciu na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**). Wpisy można dokonywać w trybie tabelarycznym lub w trybie graficznym. W pierwszym przypadku wpisy dokonuje się w odpowiednie miejsca (komórki) tabeli, w drugim zaś w odpowiednie miejsca schematu przekroju poprzecznego cieku, w trybie **Edytuj graficznie**.

Do charakterystyk poprzecznych przekrojów pomiarowych cieku zalicza się wielkości oznaczone w główce tabeli ekranu symbolami: L, D, Q, b1, b2, m1, m2, m3, h1, h2, n, Ws. Krótka definicja każdej wielkości pojawia się na ekranie po zatrzymaniu na symbolu wielkości kursora myszy. Bardziej szczegółowe określenie tych wielkości to:

- L – odległość przekroju poprzecznego cieku od budowli piętrzącej wodę w cieku lub od ujścia cieku do zbiornika z budowlą piętrzącą, m
- D – rzędna dna cieku (rys. 1), m n.p.m.
- Q – natężenie charakterystycznego przepływu wody w cieku, domyślnie przepływu średniego niskiego SNQ , m^3/s ,
- b1, b2 – szerokość cieku odpowiednio w dnie i górą (rys. 1), m,
(szerokość cieku górą nie powinna być mniejsza od szerokości wynikających z pozostałych wymiarów koryta, jeżeli tak nie jest, oprogramowanie wyrzuci błąd)
- m1, m2, m3, - współczynniki nachylenia skarpy odpowiednio dolnej, środkowej i górnej (współczynnik m oznacza stosunek wysokości skarpy (w pionie) do jej szerokości (w poziomie) (rys. 1)
- h1, h2 – odpowiednio pierwsza głębokość cieku (wysokość skarpy dolnej) i druga głębokość cieku (wysokość skarpy górnej) (rys. 1), m
- n – współczynnik szorstkości do wzoru Manninga, $m^{-1/3}s$, wg tabeli wyświetlanej na ekranie komputera po postawieniu kursora na pole do wpisania wartości i podwójne (czasami pojedyncze) kliknięcie **lewym** przyciskiem myszy
- Tl, Tr – odpowiednio rzędna brzegu lewego i brzegu prawego cieku (rys. 1), m n.p.m.
- Ws – rzędna zwierciadła wody spiętrzonej w pierwszym przekroju, m n.p.m.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny cieku. Tl , Tr , D – rzędne brzegu lewego, prawego i dna, m_1 , m_2 , m_3 - współczynniki nachylenia skarp, b_1 , b_2 szerokości cieku: $b_2 \geq b_1 + 2m_1h_1 + 2m_2(h_2 - h_1)$

Zaleca się następującą kolejność wprowadzania do komputera wartości tych wielkości:

- 1) Wpisujemy z klawiatury do tabeli odległość L i rzędną D dna oraz rzędną Tl brzegu lewego i rzędną Tr brzegu prawego każdegobranego pod uwagę przekroju. W przypadku braku wartości Tl lub Tr w odpowiedniej komórce pozostawiamy puste miejsce. Każdy wpis i pozostawione puste miejsce zatwierdzamy klawiszem Enter.
- 2) Wartości pozostałych wielkości (Q , b_1 , b_2 , m_1 , m_2 , m_3 , h_1 , h_2 , n , Ws) wprowadzamy tylko w pierwszym przekroju (w odległości $L = 0,00$ m), tj. w pierwszym wierszu tabeli lub na schemacie pierwszego przekroju (w odległości $L = 0$). Wielkości te przepisywane są automatycznie na pozostałe przekroje (w tabeli i na schematach). Automatyczne przepisanie wartości nastąpi w przypadku, gdy komórka przeznaczona do wpisania wartości jest pusta (nie ma wpisanej żadnej wartości, nawet wartości 0).
- 3) Przeglądamy i korygujemy przepisane wartości posługując się tabelą lub schematami.

Po wprowadzeniu wszystkich w/w danych należy przystąpić do uzupełnienia danych tabeli o wartości charakteryzujące przekroje obliczeniowe (kliknąć na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**).

Rzędna Ws zwierciadła wody w pozostałych przekrojach (o numerach 2, 3, ...), jest obliczana automatycznie. Rzędna W zwierciadła wody w cieku bez piętrzenia w pierwszym i pozostałych przekrojach jest obliczana automatycznie, gdy spadek dna cieku między pierwszym i drugim przekrojem pomiarowym jest zgodny z kierunkiem przepływu wody (jest dodatni). Gdy tak nie jest, komputer poprosi o wpisanie pomierzonego spadku J zwierciadła wody w pierwszym przekroju. Gdy ta wartość nie jest znana (w komórce pozostawiamy puste miejsce) można wpisać rzędną

W zwierciadła wody w pierwszym przekroju. Oprócz W_s i W jest obliczana prędkość V przepływu wody spiętrzonej w m/s.

Moduł 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody na budowli piętrzącej w cieku

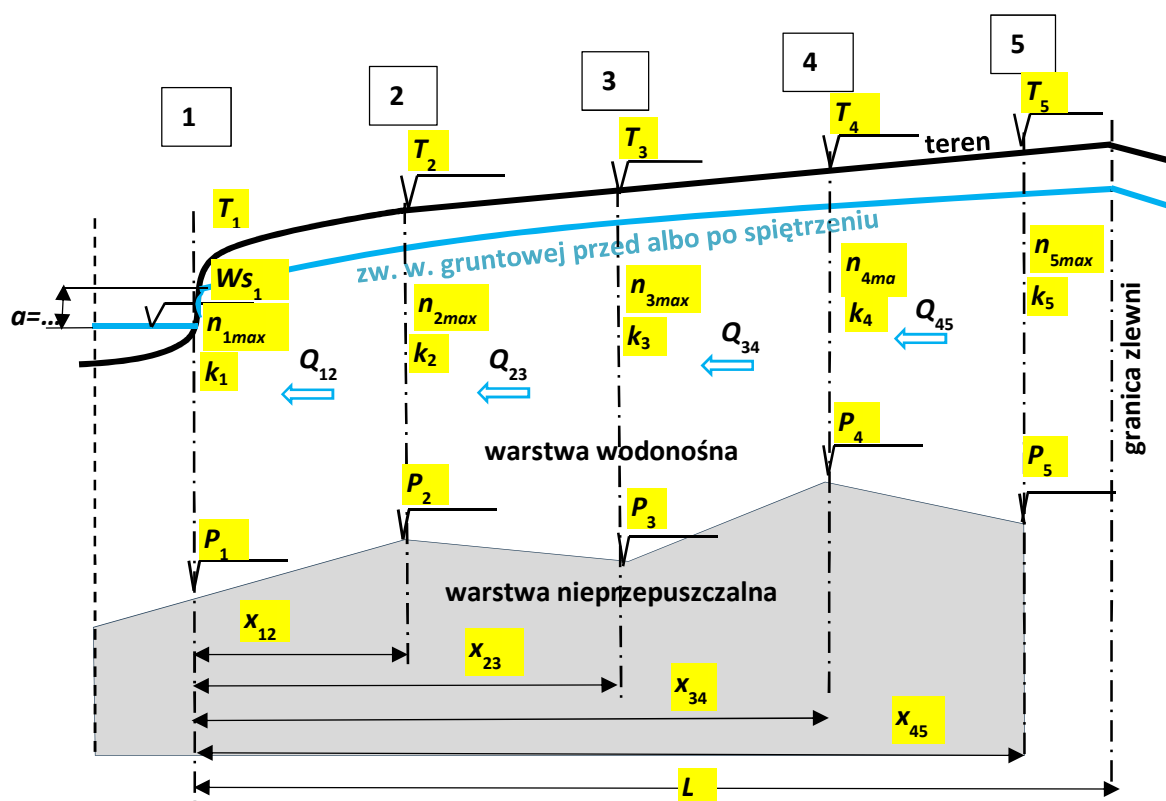
Moduł ten nie jest modułem autonomicznym. Obliczenia wg tego modułu powinny być poprzedzone obliczeniami wg modułu - **Retencja korytowa**. Moduł służy do obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej spowodowanego przyrostem piętrzenia wody w cieku pod wpływem budowli piętrzącej na cieku albo w zbiorniku. Aby wykonać obliczenia, w oknie modułu należy wpisać charakterystyki glebowo-gruntowe i właściwości filtracyjne pierwszej warstwy wodonośnej w kolejnych profilach pomiarowych płytkiego przekroju hydrogeologicznego (w celu dokładniejszych obliczeń profile te są automatycznie zagęszczane profilami obliczeniowymi po kliknięciu na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**). Do charakterystyk tych zalicza się wielkości oznaczone w główce tabeli ekranu symbolami: x , T , P , k , n_{Max} , z_{Min} , z_p . Krótka definicja każdej wielkości pojawia się na ekranie po zatrzymaniu na niej kursora myszy. Bardziej szczegółowe określenie tych wielkości to:

- x – odległość profilu w przekroju hydrogeologicznym od linii zwierciadła wody na brzegu cieku albo zbiornika (rys. 2), m,
- T – rzędna terenu przy profilu pomiarowym (rys. 2), m n.p.m.,
- P – rzędna podstawy (spągu) warstwy wodonośnej (rys. 2), m n.p.m.,
- k – średni współczynnik filtracji warstwy wodonośnej w profilu pomiarowym (rys. 2), m/d,
- n_{Max} – współczynnik porowatości warstwy wodonośnej nad zwierciadłem wody gruntowej (rys. 2), -,
- z_{Min} – minimalna norma odwodnienia, czyli taka głębokość do wody gruntowej, przy której w glebie jest minimalna, dla rozwoju roślin, zawartość powietrza (dla traw 6%), m,
- z_p – zasięg skutecznego podsiąku kapilarnego, m,

W główce tabeli znajdują się również takie zmienne jak:

- Współczynnik cofki – współczynnik ten posiada symbol α i służy do lokalizacji przekroju hydrogeologicznego w przekroju poprzecznym cieku. Przekrój ten będzie lokalizowany w odległości $\alpha \cdot L_c$ od budowli piętrzącej na cieku albo od ujścia cieku do zbiornika ze spiętrzoną wodą. Domyślnie przyjmuje się, że $\alpha = 0,33$. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.
- Odległość od brzegu do granicy zlewni L , m, - odległość liczona od brzegu cieku/zbiornika wzdłuż linii wyznaczonej przez przekrój hydrogeologiczny, m. Jest to wielkość, którą należy określić przez pomiar na mapie z zaznaczoną granicą zlewni.

- Odptyw jednostkowy q , l/s/km² – w obliczeniach domyślnie przyjmuje się, że odptyw ten jest równy odpływowi jednostkowemu średniemu niskiemu SN q . Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.
- Współczynnik q_s – używa się do przeliczenia odpływu jednostkowego q z obszaru zlewni na odpływ jednostkowy q_s z obszaru ze spiętrzoną wodą gruntową. Domyślnie $q_s = 0$, co oznacza, że odpływ jednostkowy z obszaru ze spiętrzoną wodą gruntową jest zerowy. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.
- Kryterium zasięgu spiętrzenia - jest to różnica między rzędną zwierciadła wody spiętrzonej Ws' a rzędną W' zwierciadła wody niespiętrzonej w miejscu profilu hydrogeologicznego, gdzie spiętrzenie wody jest już nieistotne. Domyślnie przyjmuje się, że wartość tego kryterium jest równa 0,10 m. Wartość ta może być zmieniana tylko w uzasadnionych przypadkach.



Rys. 2. Płytki przekrój hydrogeologiczny z pełnym zestawem danych niezbędnych do obliczania poziomu zwierciadła wód gruntowych w jednorodnej warstwie wodonośnej przy znanym natężeniu przepływu wody Q na poszczególnych odcinkach warstwy wodonośnej. Wielkości na żółtym tle są wymagane i pochodzą z bezpośrednich pomiarów, założeń, obliczeń lub szacunków. Niektóre oznaczenia: Ws_1' – rzędna zw. wody (spiętrzonej) w ciek/zbiorniku (w zbiorniku jest oznaczana symbolem Ws_1), a – wysokość warstwy ociekania wody po skarpie ciek/zbiornika, $k_1, k_2, \dots$ – współczynniki filtracji całej warstwy wodonośnej, $n_{1max}, n_{2max}, \dots$ – współczynnik porowatości efektywnej, T, P – rzędne odpowiednio terenu i spągu warstwy wodonośnej, x – odległości profili pomiarowych od brzegu ciek/zbiornika, L – odległość granicy zlewni od brzegu ciek/zbiornika.

W przypadku, gdy zasięg spiętrzenia jest większy niż odległość ostatniego profilu pomiarowego od cieku w przekroju hydrogeologicznym, oprogramowanie wyświetli informację: zasięg spiętrzenia poza ostatnim profilem pomiarowym. Należy wprowadzić dalsze profile pomiarowe i kontynuować obliczenia.

W główce tabeli znajdują się również zmienne oznaczone symbolami Ws' , W' , w m n.p.m., oznaczające rzędne zwierciadła wody w cieku odpowiednio spiętrzonej i niespiętrzonej w miejscu lokalizacji przekroju hydrogeologicznego. Zmienne te są obliczane na podstawie wyników uzyskanych w module - **Retencja korytowa**. Oznacza to, że realizacja obliczeń przyrostu retencji glebowo-gruntowej od piętrzenia wody w cieku/zbiorniku musi być poprzedzona obliczeniami retencji korytowej. Wartości zmiennych Ws' i W' zostaną wpisane automatycznie do tabeli, po uruchomieniu obliczeń w module 1.

Wpisy danych można dokonywać w trybie tabelarycznym lub w trybie graficznym. W pierwszym przypadku wpisów dokonuje się w odpowiednich miejscach (komórki) tabeli, w drugim zaś w odpowiednich miejscach schematu przekroju hydrogeologicznego. Schemat pojawi się po postawieniu kursora na dowolne pole wpisowe danego profilu, kliknięcie **prawym** klawiszem myszy i naciśnięcie **Edytuj graficznie**.

Zaleca się następującą kolejność wprowadzania do komputera wartości tych wielkości:

- 1) Wpisujemy do tabeli z klawiatury odległość L granicy zlewni od brzegu cieku/zbiornika, odległość x od cieku/zbiornika każdego profilu pomiarowego na przekroju hydrogeologicznym oraz rzędną terenu T . Każdy wpis i pozostawione puste miejsce zatwierdzamy klawiszem Enter.
- 2) Wartości pozostałych wielkości (P , k , n_{Max} , z_{Min} , z_p) wprowadzamy tylko w pierwszym profilu (w odległości $x = 0,00$ m), tj. w pierwszym wierszu tabeli lub na schemacie w pierwszym profilu (w odległości $L = 0$). Wielkości te są przepisywane automatycznie na pozostałe profile (w tabeli i na schemacie). Automatyczne przepisanie wartości nastąpi w przypadku, gdy komórka przeznaczona do wpisania wartości jest pusta (nie ma wpisanej żadnej wartości, nawet wartości 0). Po wypełnieniu pierwszego profilu danymi na schemacie należy kliknąć Zatwierdź. Po wpisaniu poszczególnej danej nie klikamy na Enter.
- 3) Przeglądamy i korygujemy przepisane wartości posługując się tabelą lub schematem.

Po wprowadzeniu wszystkich w/w danych należy przystąpić do uzupełnienia danych tabeli o dane charakteryzujące profile obliczeniowe (kliknąć na przycisk **Dodaj automatycznie wyliczone przekroje**).

Rzędne Ws' i W' zwierciadła wody w pozostałych profilach (2, 3, ...), są obliczane automatycznie i wyświetlane w tabeli. Oprócz Ws' i W' są wskazywane charakterystyczne stany uwilgotnienia gleby po spiętrzeniu wody gruntowej.

Moduł 2 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku

Moduł służy do obliczania przyrostu retencji glebowo-gruntowej spowodowanego przyrostem piętrzenia wody w cieku i zbiorniku pod wpływem budowli piętrzącej na zbiorniku. Moduł ten nie jest modułem autonomicznym, gdyż korzysta z wyników obliczeń wg modułu - **Retencja korytowa**, modułu 4 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku, bez wpływu na stan wody w cieku** lub z modułu 5 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku bez dopływu i odpływu wody w cieku**, a także w sposób ukryty z modułu 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **na budowli piętrzącej w cieku**. Wielkości wejściowe i wyniki obliczeń z modułu 1 są widoczne w tabeli w module 2. Oznacza to, że w module 2 nie wprowadza się danych wejściowych, jeżeli są wprowadzone w module 1.

Obliczenia wg modułów 4 i 5 są wykonywane na podstawie rzędnych Ws i W stosowanych do obliczeń retencji korytowej. Rzędne te do obliczeń są automatycznie przenoszone przez komputer (nie wpisuje się ich do tabeli wartości wejściowych i wyników obliczeń w module 2). Oznacza to, że najpierw należy wykonać obliczenia retencji korytowej, następnie retencji glebowo-gruntowej od cieku (moduł 1), od zbiornika (moduł 4 albo 5) i dopiero na koniec obliczenia wg Modułu 2. W każdym z tych modułów wspólne są: rzędna Ws piętrzenia wody w zbiorniku i rzędna W zwierciadła wody przed piętrzeniem wody w zbiorniku.

Moduł 3 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody bazowe

Moduł ten jest modułem autonomicznym, tzn. nie korzysta z danych obliczanych w pozostałych modułach. Moduł oblicza zasięg spiętrzenia wody gruntowej oraz przyrost jednostkowej (w m^3/ha) retencji glebowo-gruntowej na podstawie danych wejściowych z modułu 1 oraz na podstawie zadanych przez operatora dwóch rzędnych zwierciadła wody w cieku. Np. rzędnej Ws zwierciadła wody piętrzonej w cieku i rzędnej W zwierciadła wody niespiętrzonej w cieku. Przepisane z modułu 1 dane wejściowe mogą być zmieniane przez operatora. Służy do tego tabela lub schemat, identycznie jak omówiono to w przypadku Modułu 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody na budowli piętrzącej w cieku.

Moduł 4 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody w zbiorniku, bez wpływu na stan wody w cieku

W wersji domyślnej, moduł ten nie jest modułem autonomicznym, gdyż korzysta z rzędnej W_s piętrzenia wody w cieku/zbiorniku i rzędnej W zwierciadła wody przed piętrzeniem wody w cieku/zbiorniku, wykorzystywanych w obliczeniach wg modułu - **Retencja korytowa**. W tym przypadku wyniki obliczeń jednostkowej retencji glebowo-gruntowej (w m^3/ha) są wykorzystywane w obliczeniach wg modułu 2 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody **w zbiorniku i za jego pośrednictwem w cieku**. Moduł może być również wykorzystywany w wersji autonomicznej, gdy oblicza zasięg spiętrzenia wody gruntowej oraz przyrost retencji glebowo-gruntowej na podstawie danych wejściowych jak w module 1 oraz na podstawie zadanych przez operatora dwóch rzędnych zwierciadła wody w zbiorniku. Np. rzędnej W_s zwierciadła wody piętrzonej w zbiorniku i rzędnej W zwierciadła wody niespiętrzonej w zbiorniku.

W module tym dane wejściowe przygotowuje się za pośrednictwem tabeli lub graficznie, identycznie jak omówiono to w przypadku Modułu 1 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody na budowli piętrzącej w cieku.

Moduł 5 - Retencja glebowo-gruntowa: Piętrzenie wody w zbiorniku bez dopływu i odpływu wody

Przeznaczenie modułu oraz sposób obliczeń jest identyczny jak w przypadku modułu 4. W wersji domyślnej korzysta z rzędnej W_s piętrzenia wody w cieku/zbiorniku i rzędnej W zwierciadła wody przed piętrzeniem wody w cieku/zbiorniku, wykorzystywanych w obliczeniach wg modułu - **Retencja korytowa**. W wersji autonomicznej rzędne te zadaje operator obliczeń.

ZAŁĄCZNIK 2. Instrukcje korzystania i pobierania Map Tematycznych

Instrukcja korzystania z mapy topograficznej

Mapa topograficzna z wykreślonymi warstwicami, nie jest możliwa do pobrania w sposób przystępny i szybki. Jest to możliwe przy wykorzystaniu bezpłatnego oprogramowania QGIS i wykorzystaniu usługi przeglądania WMS, które pozwalają wyeksportować arkusz mapy, będący w zasięgu zainteresowania inwestora. Istnieją również komercyjne oprogramowania typu *Surfer*, umożliwiające samodzielne wykreślenie warstw na podstawie ogólnodostępnego i bezpłatnego *Numerycznego Modelu Terenu* (NMT). Są to jednak metody zaawansowane.

Na portalu mapy.geoportal.gov.pl możliwe jest natomiast nieodpłatne przeglądanie online *skanów map topograficznych* z wykreślonymi warstwicami. Po otwarciu linku, wyświetlona zostanie *mapa topograficzna BDOT10k* na tle Europy. Należy odnaleźć lokalizację danej inwestycji powiększając mapę do oczekiwanego przybliżenia. Następnie w okienku *zawartość mapy*, należy odznaczyć trzy warstwy: *Ewidencja gruntów i budynków*, *Dane topograficzne* i *Ortofotomapa*. Następnie należy rozwinąć kolejno: zakładkę *Dane archiwalne* → podzakładkę *Topografia* → podzakładkę *Mapy topograficzne*. W ostatniej podzakładce, należy zaznaczyć *Skany map topograficznych (WMS)*. W zależności od potrzeby możemy przeglądać *skany map topograficznych* w siedmiu różnych skalach (do 1:10 000).

Instrukcja pobierania mapy pierwszej warstwy wodonośnej i szczegółowej mapy geologicznej

Obie mapy dostępne są do nieodpłatnego pobrania na portalu geologia.pgi.gov.pl. Po otwarciu linku, wyświetlony zostanie ekran startowy, na którym należy wybrać „Kartografia geologiczna”. Wyświetlona zostanie mapa Polski z warstwami *Skorowidze map seryjnych* oraz *Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku* w skali 1:1 000 000 na tle *mapy topograficznej BDOT10k*. Należy na *Liście warstw* odznaczyć *Mapę geologiczną*, a następnie odszukać Arkusz PIG-PIB, w którym znajduje się dana inwestycja, powiększając mapę. Każdy Arkusz ma swój numer identyfikacyjny oraz nazwę tożsamą z największą miejscowością w zasięgu „Arkusza”. Po odnalezieniu konkretnego Arkusza, należy nacisnąć na niego lewym przyciskiem myszy - wyświetli się okno „MGP200k – skorowidz map 1:200 000”. Należy strzałką w prawo przetączyć na okno „PZGIK – skorowidz map 1:50 000”. Następnie, należy nacisnąć zobacz więcej..., otwierając tym samym w nowym oknie *Seryjne mapy geologiczne Polski w skali 1:50 000*, dla danego Arkusza.

Szukana *mapa pierwszej warstwy wodonośnej* znajduje się pod skrótem *MHP-PPW-WH – występowanie hydrodynamika (HMP-FA-OH – occurrence and hydrodynamics)*.

Szukana *szczególowa mapa geologiczna* znajduje się pod skrótem *SMGP – skan mapy (DGMP Scanned map)*.