

Wytyczne projektowania urządzeń do odwodnienia dróg zamiejskich i ulic

Część 2: Odwodnienie powierzchniowe i wgłębne

01.0-2023.12.05
01.1-2026.03.31

Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu

WR-D-71-2

WR-D-71-2

**Wytyczne projektowania urządzeń do odwodnienia dróg zamiejskich i ulic. Część 2:
Odwodnienie powierzchniowe i wgłębne**

Wersja: **01.1**

Obowiązuje od: **2023.12.05**

Zawiera poprawkę nr 1 z dnia **2026.03.31**

Rekomendował: **Minister Infrastruktury w dniu 5 grudnia 2023 r. (DDP-4.0600.2.2023)**

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych, ale stanowią jeden ze zbiorów zasad wiedzy technicznej w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracował Zespół w składzie:

Joanna Bała-Żółtowska, Janusz Bohatkiewicz, Stanisław Gaca, Krzysztof Ostrowski, Tadeusz Sandecki, Joanna Wachnicka, Marek Więckowski, Remigiusz Wojtał, Krystian Woźniak

Koordynator zamówienia: Stanisław Gaca

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © Stanisław Gaca

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania

2. Wykaz opracowań powołanych

- 2.1. Akty prawne
- 2.2. Normy
- 2.3. Pozostałe opracowania

3. Definicje i objaśnienia skrótów

- 3.1. Definicje
- 3.2. Skrótory
- 3.3. Symbole

4. Odwodnienie powierzchniowe

- 4.1. Ogólne zasady odwodnienia powierzchniowego części dróg
- 4.2. Odwodnienie jezdni, poboczy i pasów dzielących
 - 4.2.1. Odwodnienie na odcinkach prostych
 - 4.2.2. Odwodnienie na łukach i krzywych przejściowych
- 4.3. Odwodnienie skrzyżowań, placów i parkingów
- 4.4. Odwodnienie dróg dla pieszych, dróg dla pieszych i rowerów oraz dróg dla rowerów
- 4.5. Odwodnienie zatok postojowych i przystankowych
- 4.6. Urządzenia do odwodnienia powierzchniowego zbierające wodę
 - 4.6.1. Muldy odwadniające
 - 4.6.2. Rowy odwadniające
 - 4.6.3. Kaskady i bystrotoki
 - 4.6.4. Ścieki drogowe i uliczne
- 4.7. Odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z urządzeń do odwodnienia powierzchniowego
 - 4.7.1. Wymagania ogólne
 - 4.7.2. Wymagania dotyczące jakości wód opadowych lub roztopowych
 - 4.7.3. Urządzenia i ogólne wymagania dotyczące ich stosowania
 - 4.7.4. Rowy odpływowe
 - 4.7.5. Rozproszone systemy rozsączające
 - 4.7.6. Zbiorniki retencyjne i o specjalnym przeznaczeniu
 - 4.7.7. Zbiorniki retencyjne i o specjalnym przeznaczeniu
 - 4.7.8. Kanalizacja deszczowa

5. Odwodnienie wglębne

- 5.1. Urządzenia i wymagania ogólne
- 5.2. Filtry i drenaż
- 5.3. Drenaż płytki
- 5.4. Drenaż głęboki
 - 5.4.1. Drenaż korony drogi
 - 5.4.2. Drenaż skarp
 - 5.4.3. Drenaż zabezpieczający podłoże gruntowe

6. Przepusty

- 6.1. Wymagania ogólne
- 6.2. Przepusty drogowe
- 6.3. Przepusty pod zjazdami, wyjazdami i wjazdami
- 6.4. Przepusty wielofunkcyjne

7. Przepompownie

8. Oczyszczanie i retencja wód powierzchniowych

8.1. Wymagania ogólne

8.2. Dobór systemu oczyszczania wód opadowych

8.2.1. Podstawy doboru systemu oczyszczania wód opadowych

8.2.2. Systemy oczyszczania wód opadowych w obszarach bardzo wrażliwych

8.2.3. Systemy oczyszczania wód opadowych w obszarach średnio wrażliwych

8.2.4. Systemy oczyszczania wód opadowych w obszarach mało wrażliwych

8.3. Metody seminaturalne ograniczające rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń

8.3.1. Rodzaje urządzeń

8.3.2. Powierzchnie i rowy infiltracyjne

8.3.3. Otwarte zbiorniki infiltracyjne

8.3.4. Zbiorniki retencyjne

8.3.5. Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne

8.3.6. Filtry hydrofitowe

8.3.7. Rośliny stosowane w metodach seminaturalnych

8.4. Przegrody i bariery hydroizolacyjne ograniczające rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń

8.5. Urządzenia techniczne podczyszczające wody opadowe lub roztopowe

8.5.1. Osadniki i piaskowniki

8.5.2. Separatory substancji ropopochodnych

8.5.3. Przelewy, zamknięcia automatyczne oraz eksploatacja osadników i separatorów

9. Odwodnienie dróg na obszarach ochrony wód

10. Odwodnienie dróg w czasie budowy

11. Roślinność w systemach odwodnienia

11.1. Wymagania ogólne

11.2. Gatunki roślinności zalecanej do stosowania

12. Kontrola oraz utrzymanie systemów i urządzeń do odwodnienia

12.1. Wymagania ogólne

12.2. Częstość i zakres kontroli odwodnienia powierzchniowego

12.3. Częstość i zakres kontroli kanalizacji deszczowej

12.4. Częstość i zakres kontroli urządzeń do odwodnienia wglębnego

12.5. Dokumentowanie prac kontrolnych

12.6. Usprawnienie spływu wody opadowej na rampach drogowych istniejących dróg

Załącznik nr 1. Formularz raportu z kontroli odwodnienia

Załącznik nr 2. Lista pomocniczych pytań kontrolnych przy wykonywaniu kontroli odwodnienia

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Wytyczne projektowania urządzeń do odwodnienia dróg zamiejskich i ulic składają się z dwóch części, obejmujących swym zakresem:

- a) wymagania podstawowe (WR-D-71-1),
- b) odwodnienie powierzchniowe i wgtębne (WR-D-71-2).

(2) Przedmiotowe wytyczne zawierają szczegółowe wymagania projektowania urządzeń do odwodnienia dróg zamiejskich i ulic w następującym zakresie:

- a) projektowanie urządzeń do odwodnienia powierzchniowego,
- b) odprowadzanie wód opadowych i roztopowych z urządzeń do odwodnienia powierzchniowego,
- c) projektowanie urządzeń do odwodnienia wgtębne,
- d) uwzględnianie wymagań ochrony środowiska w odwodnieniu dróg zamiejskich i ulic,
- e) utrzymanie systemów odwodnienia dróg zamiejskich i ulic.

(3) Celem wytycznych jest:

- a) aktualizacja i ujednoczenie zasad projektowania urządzeń do odwodnienia dróg zamiejskich i ulic,
- b) promocja dobrej praktyki w zakresie zagospodarowania wód opadowych i roztopowych w miejscu ich powstawania,
- c) ujednoczenie zasad kontroli i utrzymania urządzeń do odwodnienia dróg zamiejskich i ulic.

(4) Wytyczne są przeznaczone do stosowania przez osoby i podmioty zajmujące się projektowaniem dróg publicznych, firmy wykonawcze, zarządców dróg publicznych oraz organy administracji architektoniczno-budowlanej i nadzoru budowlanego.

(5) Zaleca się, aby wytyczne były stosowane przy wykonywaniu:

- a) prac studialnych związanych z rozbudową lub przebudową układu drogowego,
- b) studiów wykonalności dotyczących infrastruktury transportowej,
- c) koncepcji programowych dotyczących infrastruktury transportowej,
- d) projektów budowlanych i wykonawczych dotyczących budowy i przebudowy dróg.

2. Wykaz opracowań powołanych

2.1. Akty prawne

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 2007 r. poz. 579).
- [2] Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2023 r. poz. 1478, z późn. zm.).
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych (Dz. U. z 2019 r. poz. 1311).
- [4] Rozporządzenie Rady Ministrów dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2019 r. poz. 1839, z późn. zm.).

2.2. Normy

- [5] PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
- [6] PN-C-89221:1998/Az1:2004 Rury z tworzyw sztucznych. Rury drenarskie karbowane z niezmiękczonego poli(chloru winylu) (PVC-U).
- [7] PN-EN 858-1:2005 Instalacje oddzielaczy cieczy lekkich (np. olej i benzyna). Część 1: Zasady projektowania, właściwości użytkowe i badania, znakowanie i sterowanie jakością.
- [8] PN-EN 858-2:2005 Instalacje oddzielaczy cieczy lekkich (np. olej i benzyna). Część 2: Dobór wielkości nominalnych, instalowanie, użytkowanie i eksploatacja.
- [9] PN-EN 1433:2005/A1:2007 Kanały odwadniające nawierzchnię dla ruchu pieszego i kołowego. Klasyfikacja, wymagania konstrukcyjne, badanie, znakowanie i ocena zgodności.
- [10] PN-EN ISO 23856:2021-12 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowego i bezciśnieniowego przesyłania wody, odwadniania i kanalizacji. Systemy z termoutwardzalnych tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP), na bazie nienasyconej żywicy poliestrowej (UP).
- [11] PN-EN 1916:2005 Rury i kształtki z betonu niezbrojonego, betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowe.
- [12] PN-EN 295-1:2013-06 Systemy rur kamionkowych w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Część 1: Wymagania dotyczące rur, kształtek i połączeń.
- [13] PN-EN 13598-1:2020-11 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do bezciśnieniowej podziemnej kanalizacji. Nieplastyfikowany polichlorek winylu (PVC-U), polipropylen (PP) i polietylen (PE). Część 1: Specyfikacje kształtek pomocniczych oraz płytkich studzienek niewłazowych.
- [14] PN-EN 13598-2:2020-11 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do bezciśnieniowej podziemnej kanalizacji. Nieplastyfikowany polichlorek winylu (PVC-U), polipropylen (PP) i polietylen (PE). Część 2: Specyfikacje studzienek włazowych i inspekcyjnych.
- [15] PN-EN 1610:2015-10 Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych.
- [16] PN-EN 124-1:2015-07 Zwieńczenia wpustów ściekowych i studzienek włazowych do nawierzchni dla ruchu pieszego i kołowego. Część 1: Definicje, klasyfikacja, ogólne zasady projektowania, właściwości użytkowe i metody badań.
- [17] PN-EN 124-2:2015-07 Zwieńczenia wpustów ściekowych i studzienek włazowych do nawierzchni dla ruchu pieszego i kołowego. Część 2: Zwieńczenia wpustów ściekowych i studzienek włazowych wykonane z żeliwa.

- [18] PN-EN 124-4:2015-07 Zwieńczenia wpustów ściekowych i studzienek włączonych do nawierzchni dla ruchu pieszego i kołowego. Część 4: Zwieńczenia wpustów ściekowych i studzienek włączonych wykonane z betonu zbrojonego stalą.
- [19] PN-EN 13252:2016-11 Geotekstylia i wyroby pokrewne. Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych w systemach drenażowych.
- [20] SN 640461:2014 Betondecken für Verkehrsflächen. Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten.

2.3. Pozostałe opracowania

- [21] Bohatkiewicz J. i inni, Ekologiczne zagadnienia odwodnienia pasa drogowego. Instytut Badawczy Dróg i Mostów na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Warszawa, 2009.
- [22] Edel R., Odwodnienie dróg. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa, 2022.
- [23] Edel R., Suligowski Z., Wpływ parametrów wpustów deszczowych na sprawność odwodnienia powierzchniowego dróg i ulic. Politechnika Gdańska – monografia WBWiŚ. Gdańsk, 2004.
- [24] Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, [ReStra] 2015.
- [25] Lejcuś K. i inni, Katalog Dobrych Praktyk – Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych, Gmina Wrocław, Wydział Inżynierii Miejskiej. Wrocław, 2017.
- [26] Osmulska-Mróż B. i inni, Zasady ochrony środowiska w projektowaniu, budowie i utrzymaniu dróg. Dział 07 – Ochrona wód w otoczeniu dróg. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa, 1993.
- [27] Richtlinien für Entwässerung von Straßen. REwS – Ausgabe 2021, FGSV 539, FGSV Verlag. Köln, 2022.
- [28] Geiger W., Dreiseitl H., Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych. Poradnik. Projprzem-EKO. Bydgoszcz, 1999.
- [29] Merkblatt für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen. M RR – Ausgabe 2023, FGSV 622, FGSV Verlag. Köln, 2023.
- [30] Richtlinien Straßenverkehrsanlagen – Fahrbahn und Wege FW. Kanton Solothurn Amt für Verkehr und Tiefbau, 2023.

3. Definicje i objaśnienia skrótów

3.1. Definicje

Aquaplaning – zjawisko utraty przyczepności opon podczas jazdy po nawierzchni pokrytej warstwą wody, spowodowane brakiem skutecznego odprowadzenia wody znajdującej się między oponą a jezdnią. W rezultacie tego zjawiska może wystąpić utrata kontroli nad pojazdem.

Deszcz miarodajny – deszcz o natężeniu będącym podstawą projektowania urządzeń do odwodnienia, wyznaczony na podstawie lokalnego modelu opadowego dla zadanej częstości występowania i przyjętego czasu trwania.

Drenaż – system urządzeń do odwodnienia, którego celem jest ochrona konstrukcji drogi i podłoża przez grawitacyjne odprowadzenie wody infiltracyjnej przedostającej się w głąb nawierzchni drogowej i korpusu drogowego oraz przejmowanie i odprowadzanie wody gruntowej.

Drenaż przyporowy – pionowa warstwa filtracyjna układana prostopadłe do skarpy wykopu w celu zwiększenia stateczności tej skarpy dzięki odprowadzeniu napływającej wody gruntowej.

Drenaż rozsączający – układ drenów, ułożonych pod powierzchnią terenu, którymi wody wstępnie oczyszczone są równomiernie rozprowadzane do gruntu.

Drenaż skarpowy – warstwa filtracyjna lokalizowana na skarpie, odporna na warunki atmosferyczne, najczęściej z dodatkowymi rurami drenażowymi do zbierania i odprowadzania niezwiązanej wody gruntowej.

Infiltracja – wsiąkanie wody pochodzącej z opadów atmosferycznych, z cieków i zbiorników powierzchniowych oraz z kondensacji pary wodnej, z powierzchni terenu do strefy aeracji, a następnie do strefy saturacji (w podłoże gruntowe).

Infiltracja rozproszona (niescentralizowana) – odprowadzanie wód pochodzących z opadu atmosferycznego do gruntu w miejscu wystąpienia opadu atmosferycznego lub też w bezpośrednim jego sąsiedztwie. Infiltracja rozproszona może być realizowana przez wsiąkanie powierzchniowe lub z użyciem urządzeń, takich jak np.: muldy i rowy chłonne, studnie chłonne.

Infiltracja zbiorcza (scentralizowana) – zbiorcze odprowadzanie dużych objętości wód pochodzących z opadu atmosferycznego, odprowadzanych z większego obszaru zlewni z wykorzystaniem np. dużych zbiorników infiltracyjnych otwartych lub podziemnych, gdzie stosunek powierzchni zredukowanej spływu do powierzchni rozsączania przekracza 15.

Kanalizacja deszczowa – system kanałów podziemnych oraz studzienek wpustowych i rewizyjnych służących do odprowadzenia wód opadowych i roztopowych.

Kolektor – rura kanalizacyjna lub drenarska, która zbiera i przekazuje wodę dopływającą z rur o mniejszych średnicach i kieruje ją do odbiornika.

Mulda – płytki rów o łagodnych skarpach i zaokrąglonym dnie.

Odbiornik wód opadowych lub roztopowych – wody powierzchniowe, urządzenia wodne, systemy kanalizacyjne lub grunty, do których odprowadzane są wody pochodzące z opadów atmosferycznych.

Odwodnienie powierzchniowe – rozwiązania mające na celu odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z powierzchni pasa drogowego i w niektórych przypadkach także napływających z przyległych do niego terenów.

Odwodnienie wgłębne – odprowadzenie wody infiltracyjnej przedostającej się w głąb nawierzchni drogowej, a także przejmowanie i odprowadzanie wody gruntowej zagrażającej konstrukcji drogi.

Przykanalik – kanał łączący wpust deszczowy z siecią kanalizacji deszczowej, względnie ogólnospławnej.

Retencja wody – czasowe zatrzymanie lub ograniczenie prędkości (spowolnienie) obiegu wody. Zjawisko naturalne, względnie zamierzone działanie, polegające na sztucznym zatrzymaniu wody na powierzchni, w zbiornikach otwartych, zamkniętych lub w samym gruncie.

Rów – koryto prowadzące wodę w sposób ciągły lub okresowy, przeznaczone do zbierania i odprowadzania spływów powierzchniowych.

Rów chłonny (infiltracyjny) – rów wykonany jako konstrukcja z przepuszczalnymi powierzchniami bocznymi lub przepuszczalnym dnem, umożliwiający częściowe lub całkowite odprowadzenie zebranej wody do wodoprzepuszczalnych warstw gruntu.

Studnia chłonna – studnia z przepuszczalnym dnem lub powierzchnią boczną, która pozwala na infiltrację zebranej wody do przepuszczalnych warstw gruntu.

Studnia kanalizacyjna – element kanalizacji deszczowej. Studnia kanalizacyjna może pełnić funkcje studni kontrolnej (do kontroli stanu kanalizacji) lub studni połączeniowej.

Studzienka drenażowa – element drenażu głębokiego. Studzienka drenażowa może pełnić funkcje studzienki kontrolnej (do kontroli i przepłukiwania niedrożnych systemów drenażu) lub połączeniowej i jej średnica nie przekracza 0,35 m.

Studzienka wpustowa – element kanalizacji deszczowej z zamontowanym wpustem deszczowym odbierającym wodę z urządzeń odwodnienia powierzchniowego.

Ściek drogowy lub uliczny (rywna) – płytkie koryto otwarte lub zamknięte z umocnionym dnem i ścianami lub ścianą, zbierające i odprowadzające wodę. Może odprowadzać wodę do odbiornika, urządzenia infiltrującego lub retencyjnego, ale też na jego długości często instaluje się wpusty deszczowe.

Warstwa filtracyjna – warstwa przepuszczalna, niewrażliwa na warunki atmosferyczne i stabilna filtracyjnie w odniesieniu do graniczącego gruntu, przeznaczona do zbierania i odprowadzania niezwiązanej wody gruntowej.

Warstwa odsączająca – warstwa filtracyjna zapobiegająca utracie pożądanych właściwości podłoża z powodu nawodnienia lub doptywowi wody kapilarnej bądź gruntowej do konstrukcji nawierzchni.

Warstwa wodonośna – warstwowane lub niewarstwowane utwory skalne przepuszczalne i nasycone wodą, wykazujące wystarczającą porowatość i przepuszczalność umożliwiającą znaczący przepływ wód podziemnych lub pobór znaczących ilości wód podziemnych.

Woda gruntowa – woda podziemna, która spójnie wypełnia przestrzenie otwartych porów w gruncie, nie jest związana w sieciach krystalicznych i której ruch podlega wyłącznie prawu grawitacji.

Wodoprzepuszczalność – właściwość warstwy lub powierzchni polegająca na przepuszczaniu wody przez otwarte pory lub szczeliny.

Wpust deszczowy – urządzenie do odbioru wody opadowej lub roztopowej i jej wprowadzenia do kanalizacji deszczowej, względnie ogólnospławnej.

Współczynnik filtracji – parametr wyrażający przepuszczalność gruntu dla wód podziemnych. Fizycznie wyraża prędkość filtracji przy spadku hydraulicznym równym jedności pod warunkiem, że filtracja podlega liniowemu prawu Darcy'ego.

Zbiornik infiltracyjny – powierzchniowy lub podziemny zbiornik, z którego wody opadowe lub roztopowe retencjonowane w trakcie opadów podlegają w całości lub też w zdecydowanej większości infiltracji do gruntu.

Zbiornik retencyjny – powierzchniowy lub podziemny zbiornik, najczęściej wyposażony w specjalne urządzenia dławiące odpływ na jego wylocie, którego zasadniczą funkcją jest przechwytywanie i przetrzymywanie nadmiaru wód opadowych lub roztopowych w celach użytkowych (zbiornik o funkcji retencyjnej) lub redukcji strumienia ich odpływu oraz wydłużenia czasu odpływu (zbiornik o funkcji detencyjnej).

Zdolność przepustowa – strumień objętości wód opadowych lub roztopowych, który w określonych warunkach hydraulicznych może bezpiecznie przepłynąć przez element systemu odwodnienia.

3.2. Skróty

BRD – bezpieczeństwo ruchu drogowego.

GIS – (ang. geographic information system) system informacji geograficznej.

SNQ – średni niski przepływ z wielolecia.

3.3. Symbole

(1) W tab. 3.3.1 zestawiono wykaz symboli użytych w niniejszych wytycznych wraz z odpowiednią jednostką oraz opisem.

Tab. 3.3.1. Wykaz zastosowanych symboli

Symbol	Jednostka	Opis
D ₁₅	[mm]	wymiar boku oczka sita, przez które przechodzi 15% ziaren materiału warstwy filtracyjnej
d ₈₅	[mm]	wymiar boku oczka sita, przez które przechodzi 85% ziaren gruntu podłoża, na którym ułożona jest warstwa filtracyjna
i _w	[%]	spadek wypadkowy odpowiadający linii spływu wody
i _p	[%]	spadek poprzeczny odwadnianej powierzchni (jezdni, drogi dla rowerów, drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów)
i _n	[%]	spadek podłużny niwelety drogi
l	[%]	spadek podłużny muldy/rowu/ścieku
L _{PP}	[m]	długość odcinka zmiany pochylenia poprzecznego na rampie z -2,5(2,0)% na +2,5(2,0)%
b	[m]	szerokość jezdni
k _f	[m/s]	współczynnik filtracji dla gruntu nasyconego wodą
S _{zo}	[mg/l]	stężenie zawiesiny ogólnej w wodach opadowych z drogi
SDRR	[poj./24h]	średni dobowy ruch roczny
NS	[-]	wielkość nominalna separatora
f _d	[-]	współczynnik gęstości związany z cieczą lekką
h	[m]	głębokość
V _{dp}	[km/h]	prędkość do projektowania drogi

4. Odwodnienie powierzchniowe

4.1. Ogólne zasady odwodnienia powierzchniowego części dróg

(1) Powierzchnie wszystkich części dróg przeznaczonych do ruchu odwadnia się przez nadanie im spadków podłużnych i poprzecznych umożliwiających grawitacyjny spływ wody.

(2) W typowym przekroju drogi wody opadowe i roztopowe powinny odpływać z powierzchni jezdni oraz innych części drogi przeznaczonych do ruchu, całą powierzchnią, przez pobocza i skarpy do rowów, ścieków lub urządzeń infiltracji rozproszonej. Szczególną uwagę zwraca się na odwodnienie:

- a) najniższych punktów jezdni,
- b) odcinków dróg o pochyleniach mniejszych niż 0,5%,
- c) wszystkich wlotów na skrzyżowania, w tym w miejscach, w których może dochodzić do spływania wody z jezdni drogi podporządkowanej na jezdnię drogi z pierwszeństwem przejazdu,
- d) miejsc, w których może dochodzić do przelewania się strugi wody przez jezdnię,
- e) w rejonie przejść dla pieszych, przejazdów dla rowerów, przejazdów przez torowisko tramwajowe, przejazdów kolejowo-drogowych, wyjazdów, wjazdów, zjazdów, odcinków jezdni lub zatok w obrębie przystanków transportu zbiorowego.

(3) Jeżeli ze względów technicznych lub z uwagi na ochronę środowiska nie jest możliwe odprowadzenie wody przez jej infiltrację (wsiąkanie) w teren przylegający do części drogi przeznaczonych do ruchu lub przez jej skierowanie do innego przylegającego odbiornika, to wody opadowe i roztopowe zbiera się przez ścieki, rowy lub inne urządzenia do odwodnienia prowadzone wzdłuż drogi. Urządzenia te mogą znajdować się obok jezdni, pomiędzy różnymi powierzchniami przeznaczonymi do ruchu lub obok innych części drogi.

(4) Urządzenia do odwodnienia powinny zabezpieczać przed napływem wody na jezdnię z wjazdów, wyjazdów, zjazdów, zatok postojowych i zatok przystankowych.

(5) Wody spływające z powierzchni jezdni i innych części drogi przejmują się za pomocą urządzeń infiltracji rozproszonej albo urządzeń zbierających wodę wzdłuż drogi, którymi mogą być ścieki, muldy lub rowy.

(6) Jezdnie i pobocza w obszarze skrzyżowań odwadniają się przez nadanie im spadków poprzecznych dostosowanych do ukształtowania wlotów skrzyżowania. Na skrzyżowaniach wody opadowe nie powinny napływać ani przepływać przez jezdnię drogi nadrzędnej. Przy projektowaniu skrzyżowań opracowuje się plany warstwiczne, obejmujące dodatkowo ukształtowanie poboczy, w szczególności zawierające elementy wpływające na sprawność odwodnienia (ścieki, wpusty). Plany warstwiczne lub linie spływu wody wyznacza się zgodnie z zasadami podanymi w podrozdziale 4.3.

(7) Place i parkingi o nawierzchniach twardych odwadniają się przez nadanie im spadków umożliwiających szybkie i sprawne usuwanie wody z uwzględnieniem przepustowości zastosowanych ścieków. Poprawność odprowadzenia wody ocenia się wykonując plany warstwiczne lub wyznaczając linie spływu wody, zgodnie z zasadami podanymi w podrozdziale 4.3. Jeżeli plac przylega do jezdni, to jego ukształtowanie wysokościowe i odwodnienie dopasowuje się do przylegających jezdni, lecz bez odprowadzania wody na te jezdnie.

(8) Nie odprowadza się wód z pasa drogowego bezpośrednio na tereny przylegające do niego. Zastosowanie rozproszonej lub zbiorczej infiltracji wód do gruntu wymaga zapewnienia powierzchni terenu w obrębie pasa drogowego.

(9) Odwodnienie pasa dzielącego o nawierzchni gruntowej wykonuje się w taki sposób, aby uniemożliwić spływ wody z tego pasa na jezdnię. Jeżeli wody spływają z pasa dzielącego o nawierzchni twardej, w tym z przejazdu awaryjnego, na jezdnie, wielkość tego spływu uwzględnia się przy doborze urządzeń do odwodnienia rozdzielonych jezdni.

(10) Wody z pasa dzielącego i innych podłużnych wysp dzielących pokrytych roślinnością zaleca się odprowadzać przez drenaż przejmujący wodę wsiąkającą w podłoże gruntowe w sposób nie stanowiący zagrożenia dla konstrukcji nawierzchni. Wody te mogą być odprowadzone także za pomocą ścieku umieszczonego w pasie dzielącym lub wyspach dzielących.

(11) Zatoki postojowe i przystankowe odwadnia się przez nadanie im spadku poprzecznego bez odprowadzania wody na inne części drogi przeznaczone do ruchu pojazdów lub pieszych.

(12) Nie wprowadza się wody spływającej po powierzchni jezdni, poboczy lub innych części drogi ani w otwartych urządzeniach odwodnienia powierzchniowego na mosty, wiadukty i do tuneli. Dopuszcza się projektowanie niwelety w spadku w stronę obiektu, pod warunkiem przejścia napływającej wody bezpośrednio przed obiektem, np. za pomocą wpustu wykonanego nie więcej niż 2 m przed dylatacją.

(13) Urządzenia do odwodnienia powierzchniowego projektuje się poza jezdnią, częścią pobocza o nawierzchni twardej (pasmem awaryjnym, opaską zewnętrzną), opaską wewnętrzną, a rowy i muldy także poza poboczem lub częścią pobocza o nawierzchni gruntowej. Zaleca się projektowanie urządzeń do odwodnienia powierzchniowego poza drogą dla pieszych, drogą dla rowerów oraz drogą dla pieszych i rowerów.

(14) Dopuszcza się zaprojektowanie ścieku w części pobocza o nawierzchni gruntowej (przez zwężenie tej części pobocza), pod warunkiem, że nie będzie ograniczał wymaganych funkcji użytkowych pobocza.

(15) W trudnych warunkach na drodze:

- a) klasy Z, L lub D dopuszcza się projektowanie studzienek wpustowych w jezdni, części pobocza o nawierzchni twardej (opasce zewnętrznej) i opasce wewnętrznej,
- b) klasy GP lub G dopuszcza się projektowanie studzienek wpustowych w opasce wewnętrznej lub zewnętrznej,

jeżeli nie pogorszy to właściwości użytkowych drogi i nie będzie powodować zagrożeń BRD.

(16) W trudnych warunkach na ulicy klas L lub D dopuszcza się spływ wody do wpustu deszczowego po jezdni przy jej krawędzi, bez wyodrębniania konstrukcyjnie ścieku, pod warunkiem, że struga płynącej wody nie pogorszy właściwości użytkowych ulicy i nie będzie powodować zagrożeń BRD.

(17) Wpusty studzienek ściekowych i studni rewizyjnych projektuje się poza pasem przejazdu kół pojazdów. Dopuszcza się projektowanie wpustów studzienek ściekowych i studni rewizyjnych w pasie przejazdu kół pojazdów na ulicy klasy D oraz w trudnych warunkach na ulicy klasy L.

(18) Usytuowanie wpustów studzienek ściekowych i studni rewizyjnych powinna uwzględniać wymagania technologiczne konstrukcji nawierzchni i ścieków, szczególnie w przypadku nawierzchni betonowych i ścieków wykonywanych jako monolityczne.

(19) Wody spływające z jezdni i poboczy mogą być wprowadzane do środowiska pod warunkiem spełnienia wymagań podanych w rozporządzeniu [3].

(20) Wody spływające z nawierzchni drogi dla pieszych, drogi dla rowerów oraz drogi dla pieszych i rowerów nie muszą być ujmowane do systemów kanalizacji deszczowej i mogą być wprowadzane do środowiska zgodnie z warunkami określonymi w ustawie [2] i rozporządzeniu [3].

(21) Odwodnienie powierzchniowe drogowych obiektów inżynierskich projektuje się zgodnie z zasadami podanymi w WR-M-11, WR-M-21-1 i WR-M-71.

4.2. Odwodnienie jezdni, poboczy i pasów dzielących

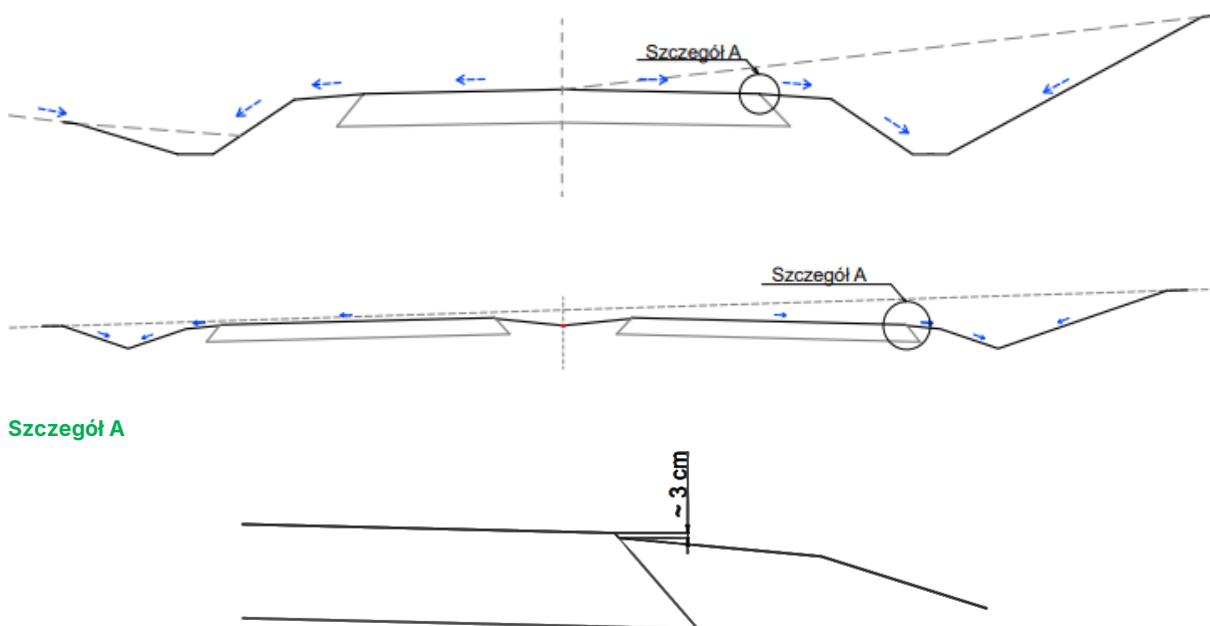
4.2.1. Odwodnienie na odcinkach prostych

(1) Odwodnienie jezdni, poboczy i pasów dzielących zapewnia się przez nadanie im spadku poprzecznego, zwykle do krawędzi drogi, wynoszącego nie mniej niż podany w tab. 4.2.1.1. Minimalne wartości spadków poprzecznych określone w tab. 4.2.1.1 stosuje się niezależnie od podłużnych pochyleń niwelety drogi, łącznicy lub jezdni zbierająco-rozprowadzającej.

Tab. 4.2.1.1. Minimalne spadki poprzeczne jezdni, poboczy i pasów dzielących

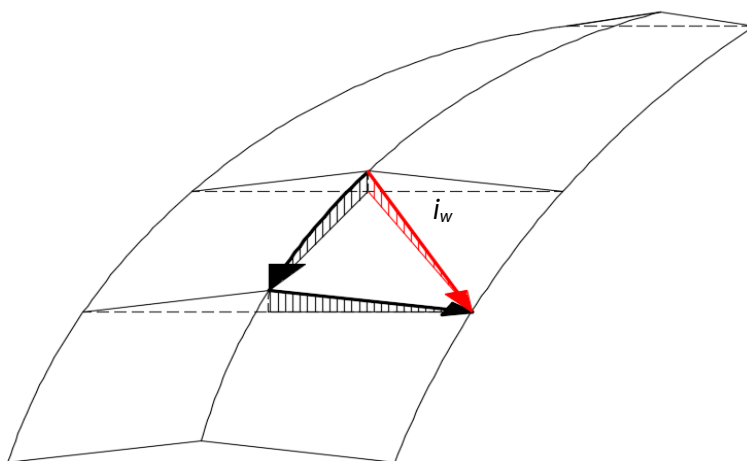
Część drogi	Rodzaj nawierzchni	Spadek poprzeczny i_p [%]
Jezdnia	Twarda – asfaltowa lub z betonu cementowego	2,0 lub 2,5 w zależności od klasy drogi, zgodnie z WR-D-22-2
	Twarda – brukowana o regularnych kształtach z materiałów naturalnych lub sztucznych	3,5
	Gruntowa	4,0
Pobocze	Twarda – asfaltowa lub z betonu cementowego	2,5
	Twarda – brukowana o regularnych kształtach z materiałów naturalnych lub sztucznych	3,5
	Gruntowa	8,0 (6,0 – jeżeli przez pobocze nie spływa woda z jezdni)
	Gruntowa konstrukcyjnie wzmocniona, np. geokratami lub betonowymi płytami ażurowymi	10,0
Pas dzielący	Twarda – asfaltowa lub z betonu cementowego	3,0
	Twarda – brukowana o regularnych kształtach z materiałów naturalnych lub sztucznych	2,5
	Gruntowa	4,0 – w przypadku stosowania drenażu 6,0 – w przypadku stosowania ścieków

(2) Jeżeli projektuje się pobocze lub część pobocza porastające trawą, to wówczas obniża się je względem krawędzi jezdni o ok. 3 cm, co ułatwia spływ wody z jezdni (rys. 4.2.1.1).



Rys. 4.2.1.1. Schematy odprowadzania wód powierzchniowych i roztopowych w przekroju poprzecznym drogi zamieszkiej

(3) Jeżeli w trudnych warunkach nie można zastosować minimalnego spadku poprzecznego jezdni, to w każdym punkcie jezdni zapewnia się spływ wody jak najkrótszą drogą, o pochyleniu wypadkowym (ukośnym) i_w (rys. 4.2.1.2) wynoszącym co najmniej 2,0% na nawierzchni betonowej lub asfaltowej i co najmniej 3,0% na nawierzchni brukowanej z materiałów naturalnych lub sztucznych. Mniejsze spadki wypadkowe dopuszcza się tylko na jezdniach w obrębie ramp drogowych oraz na skrzyżowaniach, przy zachowaniu wymagań podanych odpowiednio w podrozdziałach 4.2.2 i 4.3.



Rys. 4.2.1.2. Ilustracja sptywu wody z jezdni zgodnie ze spadkiem wypadkowym (ukośnym) i_w

(4) Spadek wypadkowy i_w wyznacza się jako wypadkową dwóch spadków, tj. poprzecznego i_p oraz podłużnego niwelety drogi i_n ze wzoru (4.2.1.1):

$$i_w = \sqrt{i_p^2 + i_n^2} \quad (4.2.1.1)$$

gdzie:

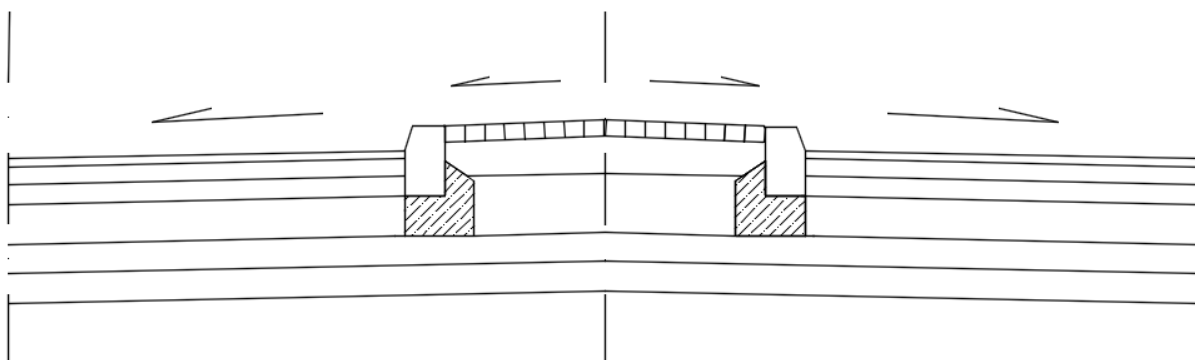
i_w – spadek wypadkowy odpowiadający linii sptywu wody [%],

i_p – spadek poprzeczny jezdni [%],

i_n – spadek podłużny jezdni [%].

(5) Odwodnienie pasa awaryjnego, opaski zewnętrznej i opaski wewnętrznej zapewnia się przez nadanie im spadku poprzecznego takiego samego jak jezdni, przy której się znajdują.

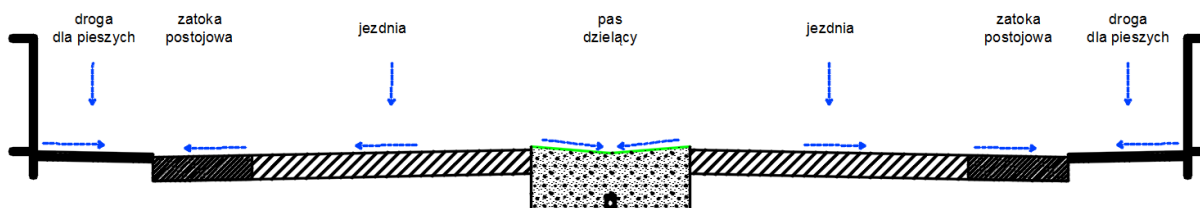
(6) Odwodnienie pasa dzielącego wykonuje się w taki sposób, aby uniemożliwić sptyw wody z tego pasa na jezdnię. Dopuszcza się sptyw wody z części pasa dzielącego i wysp kanalizujących ruch o nawierzchni twardej bezpośrednio na jezdnię, jeżeli nie ma innej możliwości ich odwodnienia i ich szerokość jest nie większa niż 3,0 m (rys. 4.2.1.3).



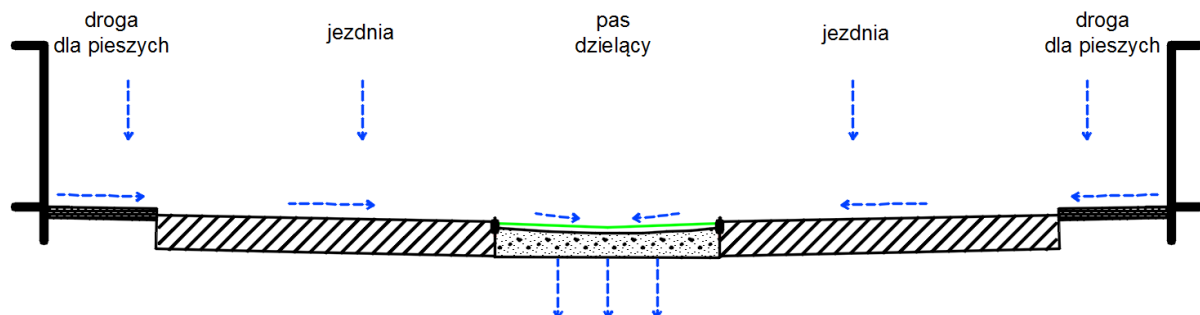
Rys. 4.2.1.3. Schemat odprowadzenia wody z części pasa dzielącego i wysp kanalizujących ruch o nawierzchni twardej

(7) Odprowadzenie wód powierzchniowych i roztopowych z jezdni ulicy za pomocą urządzeń infiltracji rozproszonej lub wykorzystywanie ulicy jako elementu retencji wody, może wymagać zastosowania pochyłeń poprzecznych skierowanych do jej środka (rys. 4.2.1.4). Takie rozwiązanie dopuszcza się w przypadku ulicy klasy Z, L lub D, jeżeli infiltracja wody nie będzie powodować zagrożenia dla konstrukcji nawierzchni oraz budowli w otoczeniu ulicy.

a) rozwiązanie typowe z odprowadzeniem wody do ścieków



b) wykorzystanie pasa dzielącego do infiltracji wód opadowych i roztopowych



c) ukształtowanie przekroju umożliwiające wykorzystanie ulicy jako elementu retencji wody w czasie gwałtownych opadów



Rys. 4.2.1.4. Schematy odprowadzania wód powierzchniowych i roztopowych w przekroju poprzecznym ulicy

4.2.2. Odwodnienie na łukach i krzywych przejściowych

(1) Odwodnienie jezdni na łukach kołowych zapewnia się przez nadanie jej spadku poprzecznego do krawędzi jezdni wynikającego z wymagań dynamicznych, określających pochylenie poprzeczne zgodnie z:

- a) WR-D-22-2 – w przypadku dróg zamiejskich,
- b) WR-D-24-2 – w przypadku ulic.

(2) Odwodnienie pasa awaryjnego, opaski zewnętrznej i opaski wewnętrznej o nawierzchni asfaltowej lub betonowej na odcinkach krzywoliniowych zapewnia się przez nadanie im spadku poprzecznego takiego samego, jak jezdni, przy której się znajdują.

(3) Odwodnienie pobocza lub części pobocza o nawierzchni innej niż asfaltowa lub betonowa zapewnia się przez nadanie im spadku poprzecznego o pochyleniu:

- a) po wewnętrznej stronie łuku jak na prostej, ale co najmniej o 1,0% więcej niż pochylenie jezdni,
- b) po zewnętrznej stronie łuku jak jezdni na łuku, z wyjątkami określonymi w WR-D-22-2 podrozdział 4.7, wynikającymi z szerokości pobocza i usytuowania w nim bariery ochronnej.

(4) Pobocze lub część pobocza o nawierzchni gruntowej porastającej trawą, usytuowane po stronie wewnętrznej odcinka krzywoliniowego obniża się względem krawędzi jezdni o ok. 3 cm, co ułatwia spływ wody z jezdni.

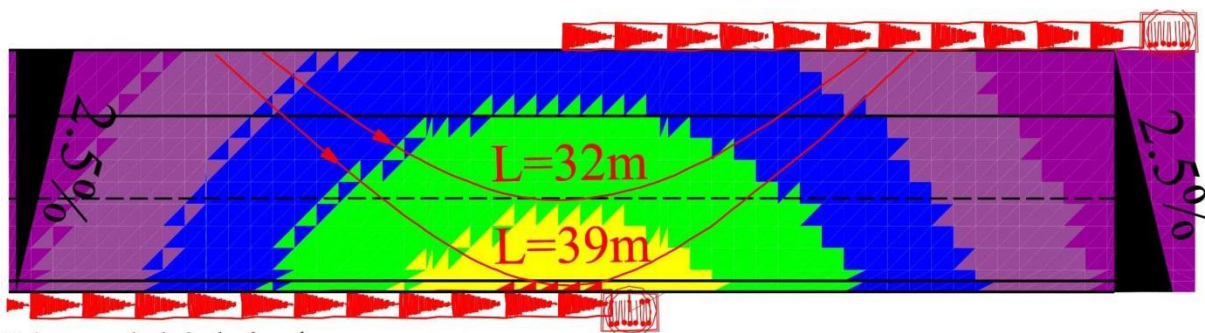
(5) Odwodnienie powierzchni jezdni na rampach nowych dróg uzyskuje się przez nadanie im pochylenia poprzecznego jezdni oraz dodatkowego pochylenia podłużnego krawędzi jezdni

zgodnie z wymaganiami określonymi w WR-D-22-2 podrozdział 4.4.3. Wartość pochylenia ukośnego powierzchni jezdni w każdym jej miejscu powinna być nie mniejsza niż 0,7%, gdy zmienia się kierunek pochylenia poprzecznego jezdni. Zmiana kierunku pochylenia poprzecznego jezdni (czyli na tzw. rampach drogowych) może występować na krzywej przejściowej, prostej przejściowej lub na łuku w planie o większym promieniu, jeżeli ten łuk jest elementem krzywej koszowej.

(6) Sprawdzenie poprawności doboru pochyłeń poprzecznych i podłużnych na rampie nowej drogi polega na porównaniu tych pochyłeń z wymaganymi wartościami, przy równoczesnym sprawdzeniu warunku, że pochylenia ukośne powierzchni jezdni w każdym jej punkcie powinny być nie mniejsze niż 0,7%. Zaleca się to sprawdzać na podstawie planu pochyłeń ukośnych powierzchni jezdni.

(7) Wykonanie planu pochyłeń ukośnych (rys. 4.2.2.1) polega na:

- a) utworzeniu numerycznego modelu powierzchni jezdni,
- b) wygenerowaniu wektorów pochyłeń ukośnych (kierunków i wartości).



Zakres pochyłeń ukośnych:

0.7% - 1.0%
 1.0% - 1.5%
 1.5% - 2.0%
 2.0% - 2.5%
 >2.5%

— podstawowe linie spływu

Rys. 4.2.2.1. Przykład planu pochyłeń ukośnych powierzchni nawierzchni na rampie drogowej o długości $L = 50$ m i pochyleniu podłużnym osi obrotu wynoszącym 0,7%

(8) Przy opracowywaniu planu pochyłeń ukośnych powierzchni jezdni zaleca się wykorzystać programy do komputerowego wspomaganie projektowania dróg.

(9) W przypadku stwierdzenia, że projektowana rampa drogową nie spełnia wymagań przepisów techniczno-budowlanych i WR-D-22-2 (przykład na rys. 4.2.2.2), a szczególnie, gdy wartości pochyłeń ukośnych jezdni są mniejsze niż 0,7%, należy ją przeprojektować.

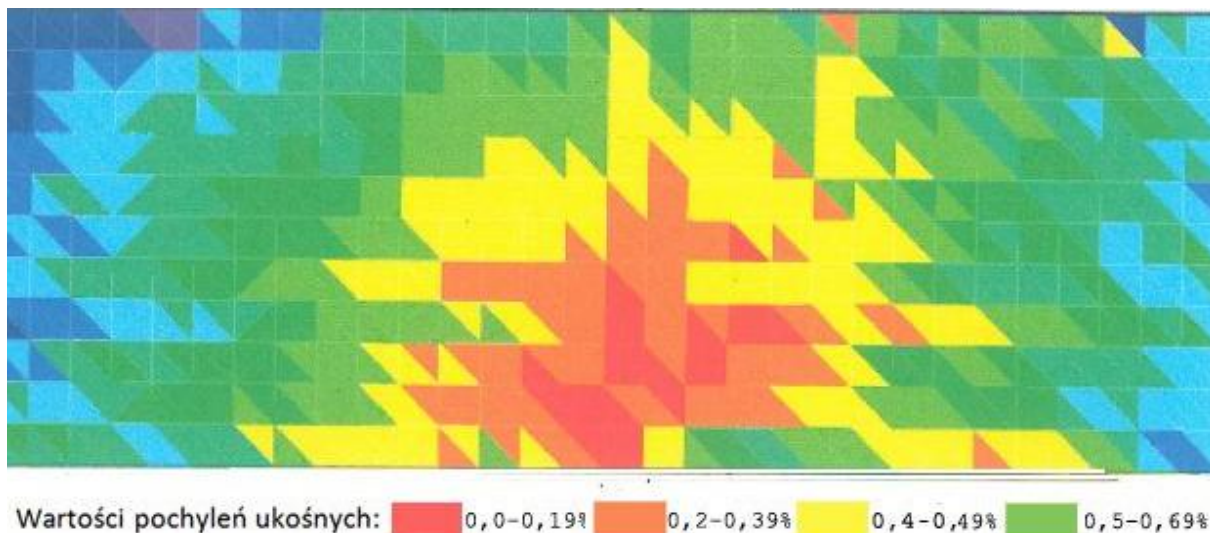
(10) Na projektowanej nowej drodze można zastosować w szczególności następujące środki budowlane zapewniające wymagane pochylenie ukośne:

- a) zwiększenie pochylenia podłużnego na rampie drogowej lub zmianę lokalizacji osi obrotu jezdni,
- b) łuk kołowy w planie o promieniu umożliwiającym przyjęcie pochylenia poprzecznego jezdni jak na przyległej do niego prostej,
- c) dodatkową krawędź ukośną na jezdni, tzw. kopertę, jeżeli nie można zastosować innego rozwiązania.

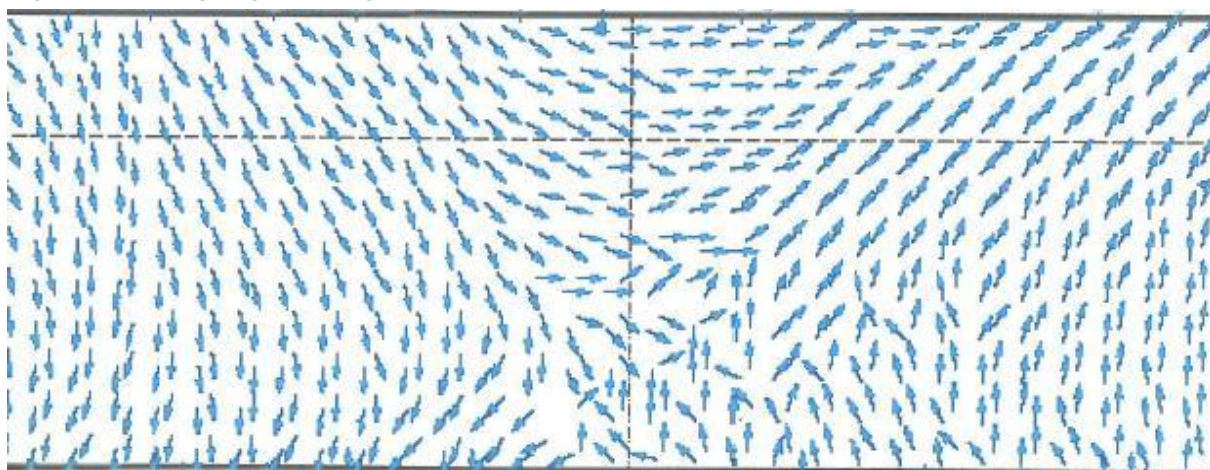
(11) Zwiększenie pochylenia podłużnego na rampie drogowej lub zmiana lokalizacji osi obrotu jezdni obejmuje następujące przypadki:

- a) jeżeli można zmienić ukształtowanie wysokościowe drogi, istotną poprawę odwodnienia rampy drogowej uzyskuje się przez zapewnienie pochylenia podłużnego obu krawędzi jezdni z zaleceniem jako większego niż 1,0%,
- b) zwiększenie dodatkowego pochylenia podłużnego krawędzi jezdni, nawet do wartości dopuszczalnej,
- c) zmianę lokalizacji osi obrotu jezdni, szczególnie na drogach o dwóch jezdniach głównych, gdy zwiększenie pochylenia podłużnego niwelety jezdni jest niemożliwe lub ograniczone.

a) mapa barwna wartości pochyłeń ukośnych



b) plan kierunków pochyłeń ukośnych

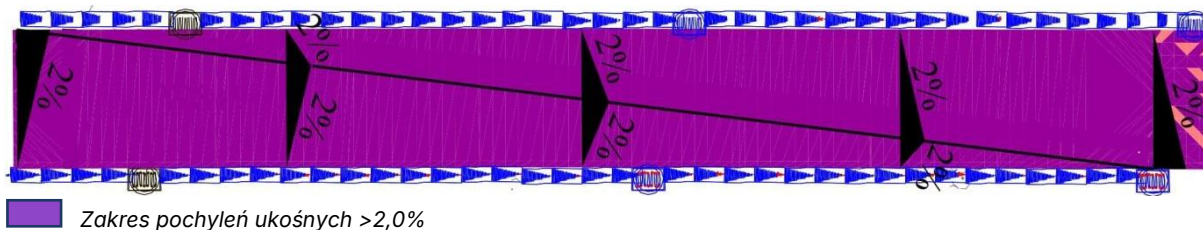


Rampa o długości $L = 63\text{m}$, pochylenie podłużne osi obrotu $-0,34\%$, pochylenie dodatkowe krawędzi jezdni $+0,20\%$.

Rys. 4.2.2.2. Przykład planu pochyłeń ukośnych na rampie drogowej zaprojektowanej niezgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi i niezapewniającej sprawnego odwodnienia

(12) Zastosowanie dodatkowej krawędzi ukośnej na nawierzchni twardej (jezdni, pasie awaryjnym, opasce zewnętrznej, opasce wewnętrznej), tzw. koperty, oznacza wprowadzenie daszkowego kształtu przekroju poprzecznego (rys. 4.2.2.3). W obrębie koperty pochylenie poprzeczne nawierzchni jest takie, jak na odcinku prostym poprzedzającym kopertę, i jest stałe. Długości linii spływu są mniejsze niż na odcinku poprzedzającym kopertę, co powoduje mniejsze grubości warstw wody i likwidację zagrożenia zjawiskiem aquaplaningu.

a) plan sytuacyjny z zaznaczonymi pochyleniami



b) przykład kontroli odprowadzenia wody po wykonaniu rampy w kształcie koperty



Rys. 4.2.2.3. Przykład rampy drogowej w kształcie koperty – szerokość nawierzchni 10,5 m, pochylenie podłużne 0,7%, koperta o długości 90 m (źródło: GDDKiA)

(13) Zalecaną długość koperty wykonywanej na odcinku zmiany pochylenia poprzecznego począwszy od -2,5(-2,0)% do miejsca z pochyleniem +2,5(+2,0)% określa się ze wzoru (4.2.2.1):

$$L_{pp} = 0,1b_j \cdot V_{dp} \quad (4.2.2.1)$$

gdzie:

L_{pp} – długość odcinka zmiany pochylenia poprzecznego z -2,5(-2,0)% na +2,5(+2,0)% [m],

b_j – szerokość jezdni [m],

V_{dp} – prędkość do projektowania drogi [km/h].

(14) Do oceny skuteczności odwodnienia powierzchni jezdni na projektowanych rampach nowych dróg, a także zastosowania każdego z wymienionych w akapicie (10) lub innych środków budowlanych (w tym podanych w podrozdziale 12.6), zaleca się, przy szerokości odwadnianej powierzchni większej niż 7,0 m i prędkości do projektowania wynoszącej nie mniej niż 80 km/h, wykorzystanie analitycznego modelu umożliwiającego określenie grubości warstwy wody na jezdni oraz opisującej zależność między grubości warstwy wody, prędkością dopuszczalną na drodze i zagrożeniem wystąpienia aquaplaningu.

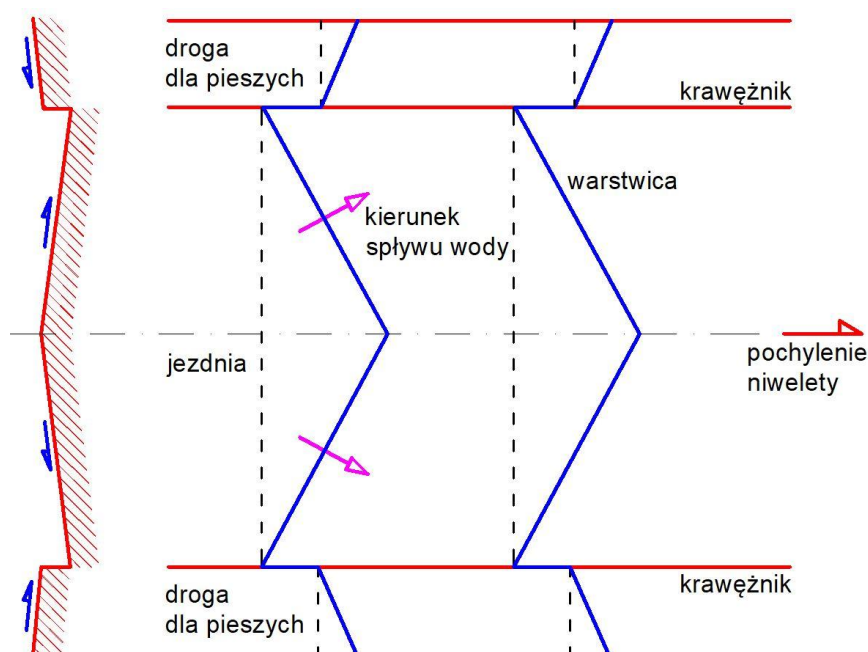
(15) Jeżeli zastosowanie jednego ze środków wymienionych w akapicie (10) i w podrozdziale 12.6 nie gwarantuje skutecznego odwodnienia i nie spełnia wymagań BRD, dopuszcza się ograniczenie prędkości dopuszczalnej przy mokrym stanie nawierzchni jezdni.

4.3. Odwodnienie skrzyżowań, placów i parkingów

(1) Ukształtowanie wysokościowe powierzchni skrzyżowań powinno spełniać wymagania podane w WR-D-31-2 podrozdział 5.7, a w przypadku rond w WR-D-31-3 podrozdział 6.5.3, a także dodatkowo w przypadku skrzyżowań, placów i parkingów następujące warunki:

- umożliwia przejazd przez skrzyżowanie, plac lub parking w sposób płynny,
- zapewnia skuteczne przejście wody opadowej,
- unika skażeń optycznych odwadnianej powierzchni (zbędnych załomów),
- jest łatwe w wykonaniu i kontroli jakości tego wykonania oraz trwałe i łatwe w utrzymaniu.

(2) Ukształtowanie wysokościowe skrzyżowań, placów i parkingów zaleca się przedstawiać na planach sytuacyjno-wysokościowych za pośrednictwem warstwicy w odstępach umożliwiającym poprawną ocenę skuteczności odwodnienia i właściwe wykonanie powierzchni skrzyżowania, placu lub parkingu (rys. 4.3.1). Dobór odstępów pomiędzy warstwicami powinien opierać się na analizie pochyłości, w celu uniknięcia sytuacji, w której zbyt rzadki odstęp warstwicy spowoduje pominięcie ważnych aspektów ukształtowania wpływającego na sprawność odprowadzenia wody (np. miejsc stagnacji wody).

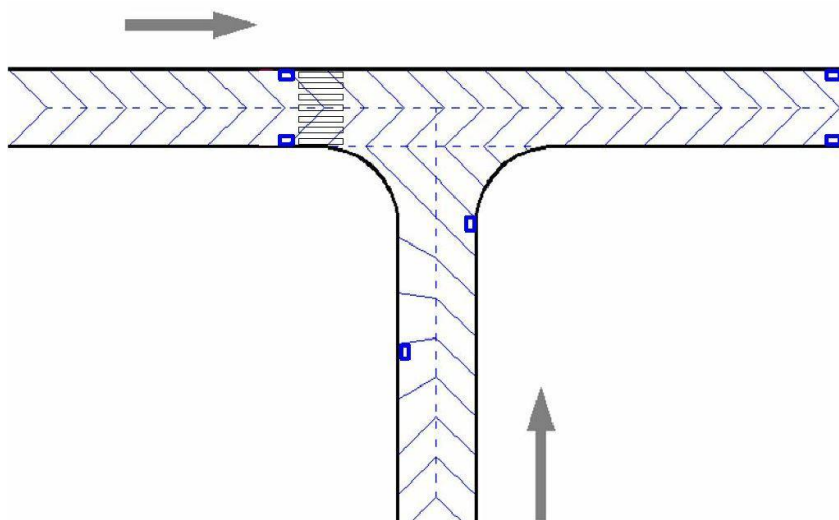


Rys. 4.3.1. Schemat planu warstwiczowego fragmentu ulicy wraz z obustronnymi drogami dla pieszych

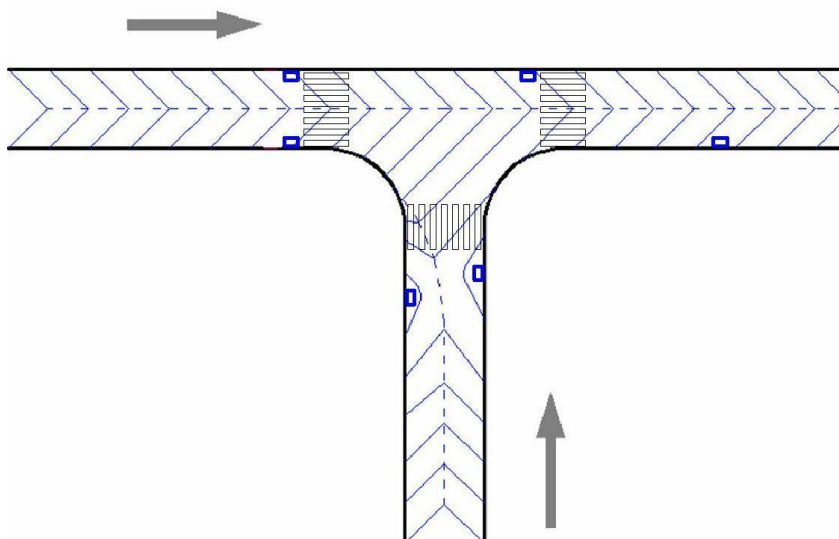
(3) Projektowanie odwodnienia powierzchni za pomocą planów warstwicznych zaleca się stosować szczególnie w przypadkach miejsc niejednoznacznych wysokościowo, tj. skrzyżowań, placów i parkingów, a także szerokich dróg dla pieszych oraz dróg dla pieszych i rowerów, które wymagają nawiązania do rzędnych wysokościowych wejść do budynków lub innych obiektów, a także powiązania z rzędnymi studni kanalizacji deszczowej (wpusty deszczowe, studnie rewizyjne).

(4) W obszarze skrzyżowania dopuszcza się stosowanie dwóch rodzajów kształtowania wysokościowego:

- z przekształceniem wysokościowym wyłącznie wlotów podporządkowanych (rys. 4.3.2 i 4.3.3) albo dróg o mniejszym natężeniu ruchu,
- z zaburzeniem wysokościowym przekroju poprzecznego drogi nadrzędnej, w celu wytworzenia jednolitej płaszczyzny w obszarze przecięcia dróg (np. zmiana przekroju daszkowego na jednospadowy); jest to rozwiązanie dopuszczalne w trudnych warunkach lub na skrzyżowaniach o nietypowym układzie wlotów, albo o nietypowym rozkładzie natężeń ruchu oraz w szczególnych uwarunkowaniach lokalizacyjnych, jeżeli będzie to korzystniejsze od rozwiązania podanego w lit. a.



Rys. 4.3.2. Schemat planu warstwicowego z przekształceniem wysokościowym wyłącznie wlotu podporządkowanego, ze ściekiem wzdłuż krawędzi jezdni nadrzędnej

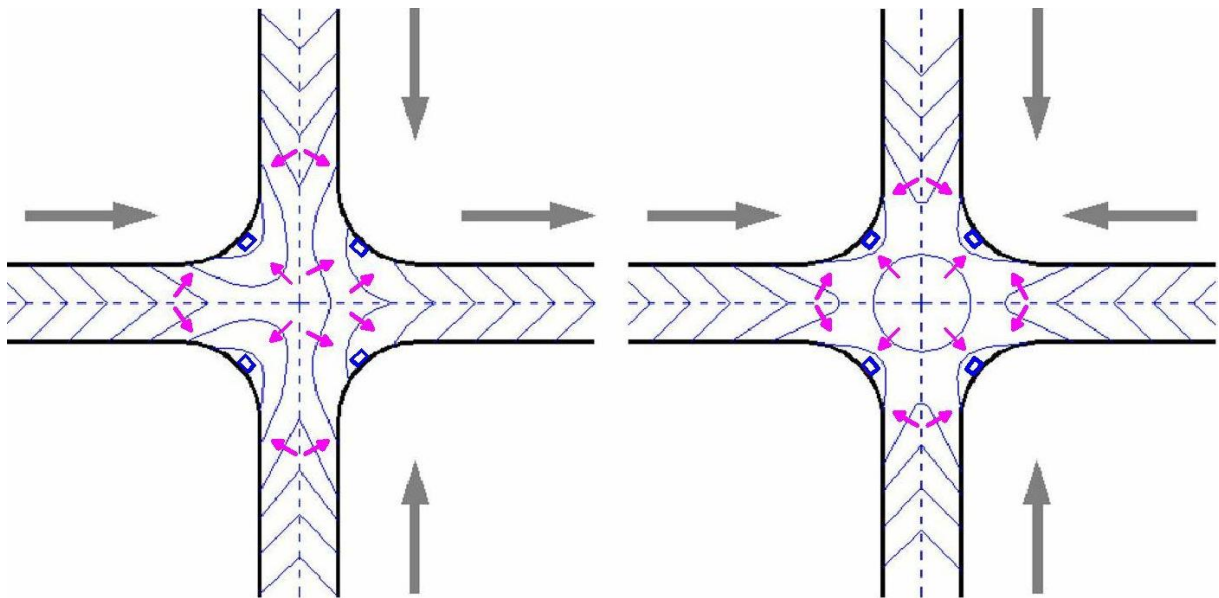


Rys. 4.3.3. Schemat planu warstwicowego z przekształceniem wysokościowym wyłącznie wlotu podporządkowanego, bez ścieku wzdłuż krawędzi jezdni nadrzędnej

(5) W trudnych warunkach, gdy pochYLENIA podłużne wszystkich krzyżujących się dróg zbiegają się na skrzyżowaniu w najniższym punkcie, dopuszcza się sytuowanie wpustów deszczowych po wewnętrznej stronie skrzyżowania, z niewielkim wyniesieniem tarczy skrzyżowania (rys. 4.3.4).

(6) Studzienki wpustowe lokalizuje się od strony napływu wody, przed przejściami dla pieszych lub przejazdami dla rowerów oraz w najniższych punktach. Nie zaleca się lokalizowania studzienek wpustowych od strony tarczy skrzyżowania, z wyjątkiem rozwiązań rozległych o dużej powierzchni odpływu wody oraz rozwiązań przedstawionych na rys. 4.3.4. Rozstaw wpustów deszczowych na odcinku bez zmian wysokościowych ustala się zgodnie z WR-D-71-1.

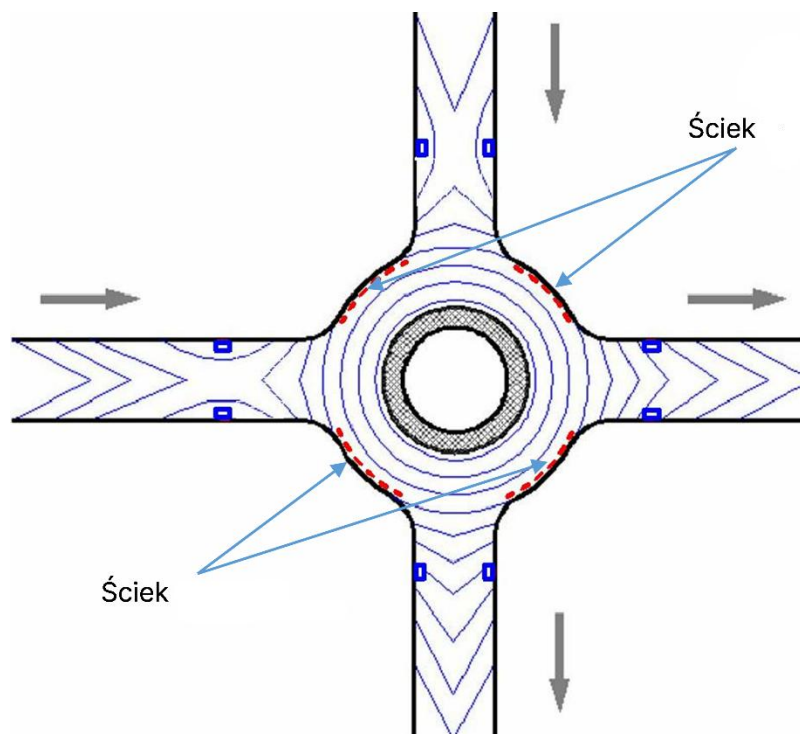
(7) Pochylenie poprzeczne jezdni ukierunkowuje się na zewnątrz z zastosowaniem spadków poprzecznych o wartości od 2,5 do 3,5%. Dopuszcza się projektowanie lokalnie mniejszych pochyłeń poprzecznych jezdni, przy jednoczesnym zapewnieniu pochylenia ukośnego jezdni nie mniejszego niż 0,7%. Potrzebę zastosowania lokalnie mniejszych lub większych niż zalecane pochyłeń poprzecznych jezdni skrzyżowania każdorazowo wykazuje i uzasadnia się na planie warstwicowym.



Rys. 4.3.4. Schematy planów warstwowych rozwiązań z tarczą skrzyżowania zlokalizowaną w najniższym punkcie

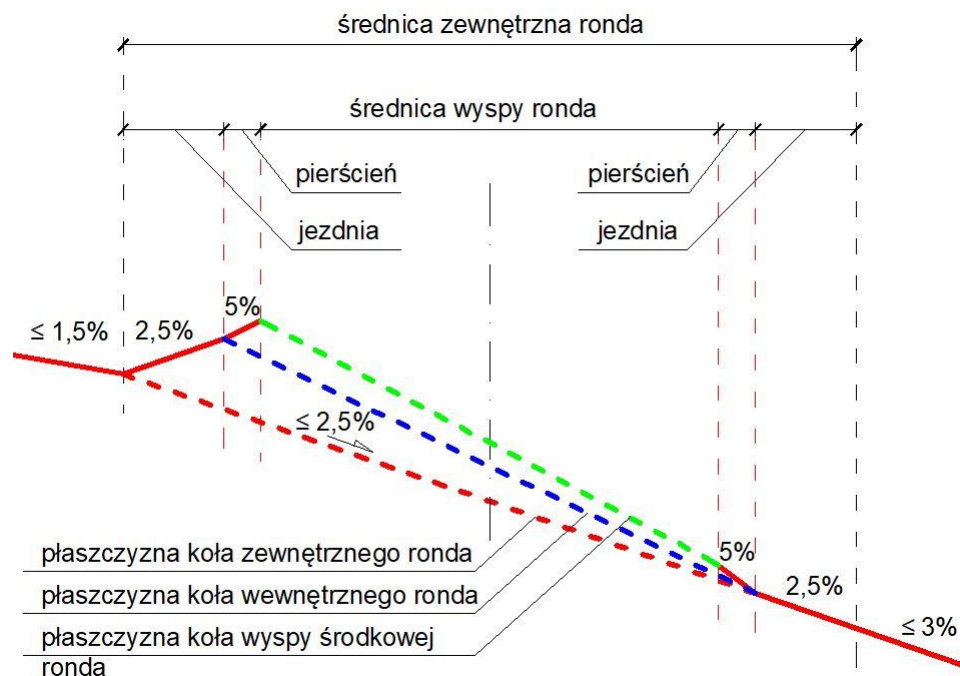
(8) Pochylenie poprzeczne jezdni ronda ukierunkowuje się na zewnątrz z zastosowaniem spadków o wartościach od 2,0 do 2,5%. W trudnych warunkach dopuszcza się projektowanie lokalnie mniejszych pochyłeń poprzecznych jezdni ronda, o wartości nie mniejszej niż 0,5%, przy jednoczesnym zapewnieniu pochylenia ukośnego jezdni ronda nie mniejszego niż 0,7%. Dopuszcza się lokalnie większe pochylenia poprzeczne niż 2,5%, ale nie większe niż 3,5%. Potrzebę zastosowania lokalnie mniejszych i większych pochyłeń poprzecznych jezdni ronda wykazuje i uzasadnia się na planie warstwicowym ronda.

(9) Przy kształtowaniu wysokościowym jezdni ronda nie dopuszcza się do sytuacji, w których będą tworzyć się zastoiska wody (rys. 4.3.5) w wyniku braku pochylenia podłużnego prowadzącego wodę opadową wzdłuż krawędzi jezdni po okręgu zewnętrznym ronda. Ścieki przy krawędzi jezdni powinny mieć pochylenie podłużne nie mniejsze niż 0,5%.



Rys. 4.3.5. Schemat planu warstwicowego ronda z prawidłowo rozwiązaniem ukształtowaniem wysokościowym wlotów lecz z utrudnionym odprowadzeniem wody opadowej wzdłuż krawędzi jezdni po okręgu zewnętrznym ronda (w takich przypadkach zalecane jest stosowanie ścieków zakrytych przy krawędzi jezdni ronda)

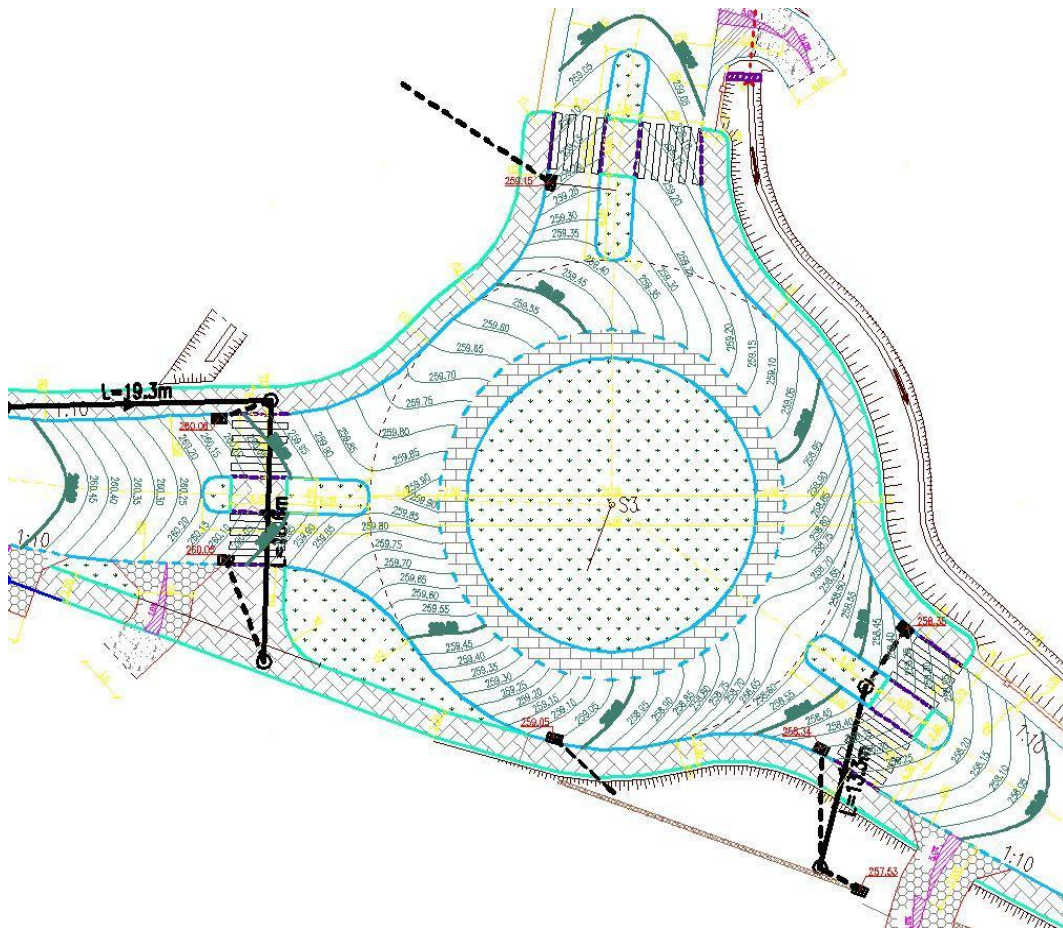
(10) Przy projektowaniu ronda na drogach o pochyleniu podłużnym nieprzekraczającym 2,5%, dąży się do zaprojektowania rozwiązania z minimalnym pochyleniem podłużnym płaszczyzny koła ronda zewnętrznego, zapewniającym odpływ wody wzdłuż krawędzi jezdni ronda, po okręgu zewnętrznym. Rozwiązanie takie minimalizuje ryzyko powstania miejsc nieciągłości optycznej prowadzenia ruchu, ułatwia wykonawstwo oraz zapewnia korzystne walory estetyczne (rys. 4.3.6).



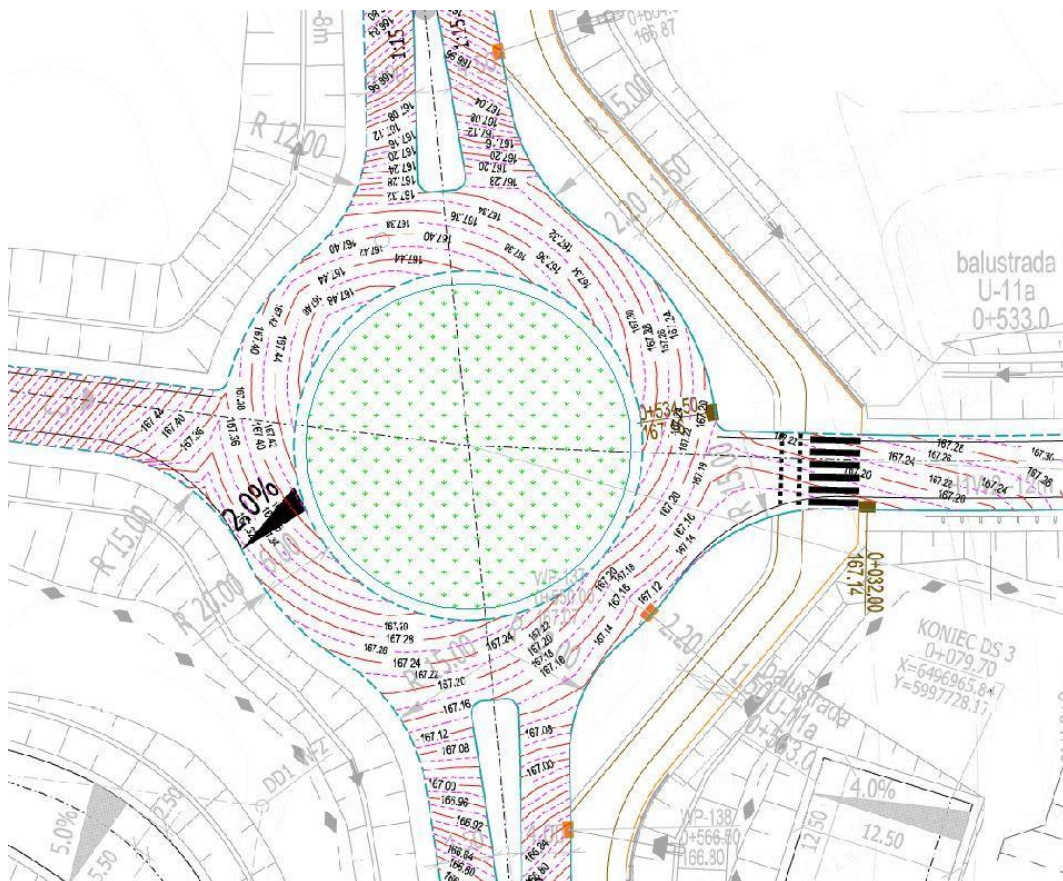
Rys. 4.3.6. Przekrój przez rondo ukazujący płaszczyzny koła zewnętrznego, wewnętrznego (na rondzie występuje pierścień) oraz wyspy środkowej ronda (skala skażona)

(11) W przypadku występowania pochyłeń podłużnych dróg dochodzących do ronda o wartościach większych niż 2,5%, płaszczyznę koła ronda zewnętrznego zaleca się projektować o jednakowym pochyleniu podłużnym nieprzekraczającym 2,5% (rys. 4.3.6). Projektowane rozwiązania wysokościowe dróg dochodzących do ronda (niwelet) dostosowuje się do potrzeb utrzymania płaszczyzny koła zewnętrznego (bez załamania). Płaszczyznę koła wewnętrznego na styku pierścienia i jezdni ronda (jeżeli pierścień występuje) oraz płaszczyznę koła wyspy środkowej dostosowuje się wysokościowo do płaszczyzny koła zewnętrznego ronda, z zachowaniem wymaganych pochyłeń poprzecznych jezdni i pierścienia (jeżeli występuje) (rys. 4.3.7 i 4.3.8), unikając nieestetycznych garbów i nieciągłości pogarszających komfort przejazdu przez jezdnię ronda. Połączenie niwelet wlotów podporządkowanych z jezdnią ronda wykonuje się zgodnie z wytycznymi określonymi w WR-D-31-2 podrozdział 5.7.

(12) W przypadku ronda turbinowego separatory nie mogą utrudniać spływu wody z jezdni i stref wlotowych oraz wylotowych ronda. Wpusty studzienek ściekowych lokalizuje się w najniższych punktach krawędzi pasa ruchu jezdni ronda turbinowego, rozdzielonego separatorem ciągłym. Potrzebę lokalizacji wpustów deszczowych każdorazowo wykazuje i uzasadnia się na planie warstwicy ronda turbinowego.



Rys. 4.3.7. Przykład projektowy planu warstwicowego ronda jednopasowego trzywlotowego



Rys. 4.3.8. Przykład projektowy planu warstwicowego ronda jednopasowego jako elementu węzła typu WB

(13) Ukształtowanie wysokościowe placów projektuje się z wykorzystaniem planów warstwicowych, w dowiązaniu do rzędnych progów budynków oraz niwelet ulic, dróg dla pieszych, dróg dla pieszych i rowerów, dróg dla rowerów oraz pochylni powiązanych bezpośrednio z placem. Sposób rozwiązania wysokościowego placu wynika ściśle z jego przeznaczenia. Dodatkowe wymogi estetyki, a także konserwatorskie dotyczą placów o charakterze reprezentacyjnym (rys. 4.3.9).



Rys. 4.3.9. Przykłady placów reprezentacyjnych z prowadzeniem wody opadowej środkiem placu

(14) Zaleca się unikać nieestetycznego łamania powierzchni placów i przylegających do nich szerokich dróg dla pieszych lub dróg dla pieszych i rowerów, a wszelkie miejsca odpływu, lokalizacji wpustów studzienek ściekowych itp. zaleca się maskować obiektami małej architektury lub roślinnością (rys. 4.3.10). Roślinność może być wykorzystana do maskowania wszelkich nieciągłości wysokościowych pojawiających się w rozwiązaniach planów warstwicowych oraz w miejscach, w których pochylenia odwadnianych powierzchni przekraczają wartości dopuszczalne.

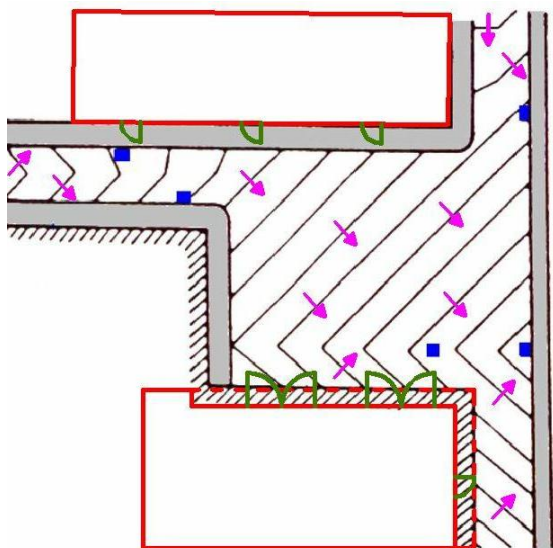
(15) Zaleca się takie zagospodarowanie placów, w tym z wykorzystaniem roślinności, aby poprzez infiltrację i retencję ograniczać objętość wód spływających z powierzchni placu do kanalizacji deszczowej.



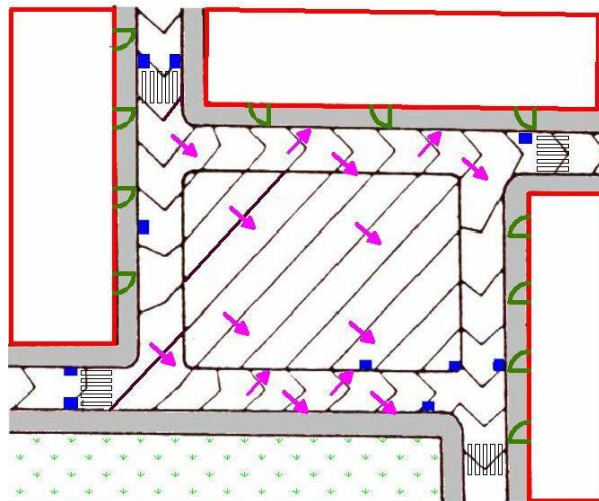
Rys. 4.3.10. Przykład placu przed galerią handlową z prowadzeniem wody opadowej ściekiem odsuniętym od wejść do budynków; na zdjęciu widoczna jest próba ukrycia (kamufażu) ścieku korytkowego elementami małej architektury

(16) Duże place zaleca się dzielić na mniejsze zlewnie, z których odprowadzana będzie woda opadowa (rys. 4.3.11). Powierzchnia zlewni przypadająca na pojedynczy wpust deszczowy powinna nie przekraczać 400 m². Nie projektuje się ścieków oraz wpustów studzienek ściekowych zlokalizowanych bezpośrednio przy wejściach oraz wjazdach do budynków.

a) plac zakładowy

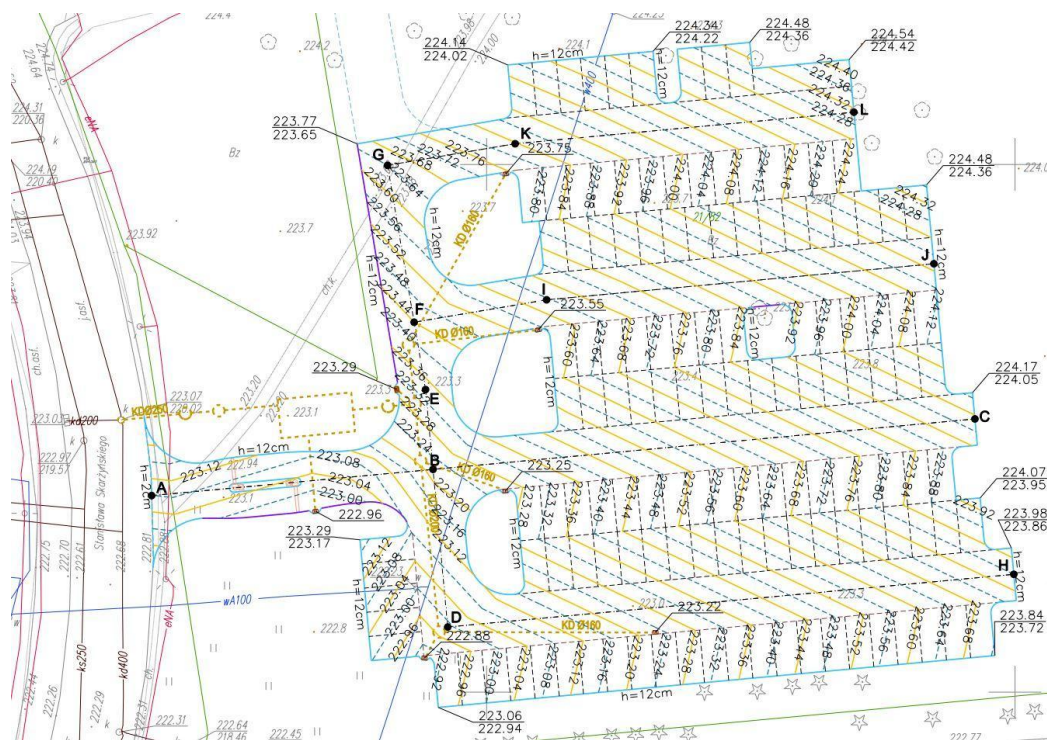


b) plac miejski o funkcji reprezentacyjnej



Rys. 4.3.11. Przykłady rozwiązań planów warstwicowych placów

(17) Ukształtowanie wysokościowe parkingu dostosowuje się do jego rozwiązania geometrycznego, tj. parkingu jako placu z wydzielonymi miejscami postojowymi za pomocą znaków poziomych, albo do parkingu z fizycznie wydzielonymi miejscami postojowymi za pomocą wysp dzielących. W pierwszym wypadku odwodnienie rozwiązuje się wysokościowo zgodnie z zaleceniami dla placów. W drugim wypadku odwodnienie projektuje się jak odwodnienie jezdni wzajemnie ze sobą powiązanych (rys. 4.3.12) z uwzględnieniem wymagań dla ścieków podanych w podrozdziałach 4.5 i 4.6.



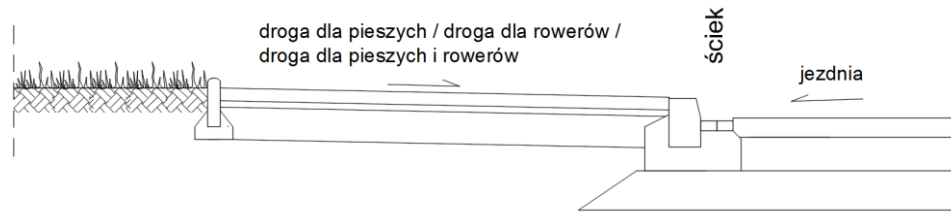
Rys. 4.3.12. Przykład projektowy planu warstwicowego parkingu z fizycznie wydzielonymi miejscami postojowymi oraz pochyleniem jednostronnym jezdni manewrowych

4.4. Odwodnienie dróg dla pieszych, dróg dla pieszych i rowerów oraz dróg dla rowerów

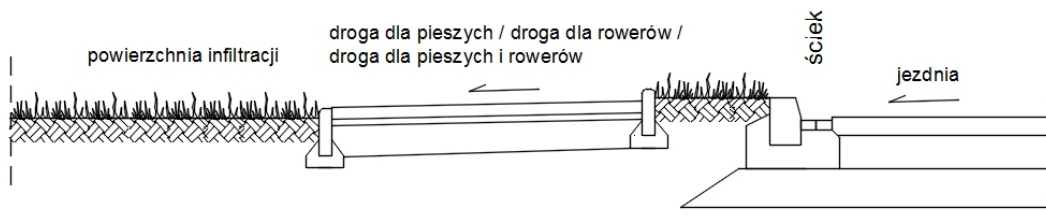
(1) Drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów oraz drogi dla rowerów zaleca się odwadniać przez nadanie im spadku poprzecznego w stronę pasa zieleni, rowu lub ścieku, a jeżeli nie jest to możliwe, wodę odprowadza się na jezdnię równomiernie przez krawędź styku z jezdnią. (rys. 4.4.1). Spadek poprzeczny odwadnianej powierzchni powinien być nie mniejszy niż 1,0% i nie większy niż 3,0% na drodze dla pieszych oraz na drodze dla pieszych i rowerów.

(2) Na drodze dla rowerów w obrębie rampy zapewnia się spływ wody stosując pochylenie poprzeczne, które może być mniejsze niż 1,0%, lecz pod warunkiem, że spadek wypadkowy (ukośny) będzie nie mniejszy niż 0,5%.

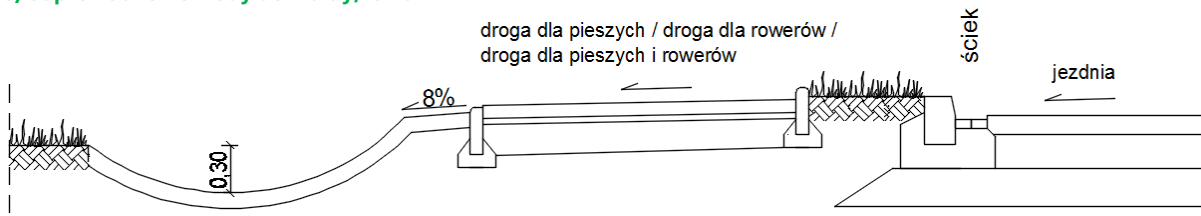
a) odprowadzenie wody do ścieku przy jezdni



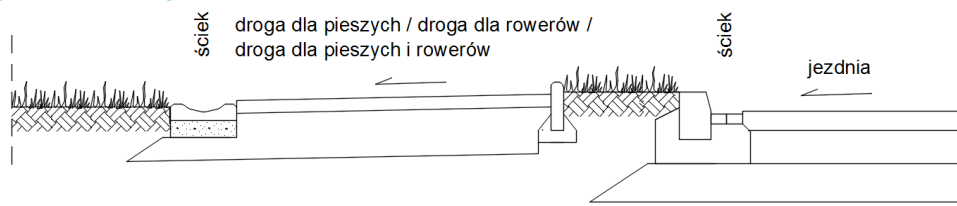
b) odprowadzenie wody na powierzchnię infiltracyjną



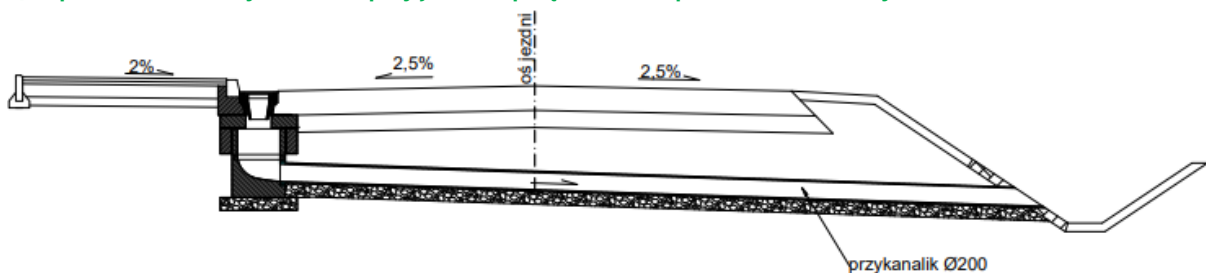
c) odprowadzenie wody do muldy/rowu



d) odprowadzenie wody do dodatkowego ścieku

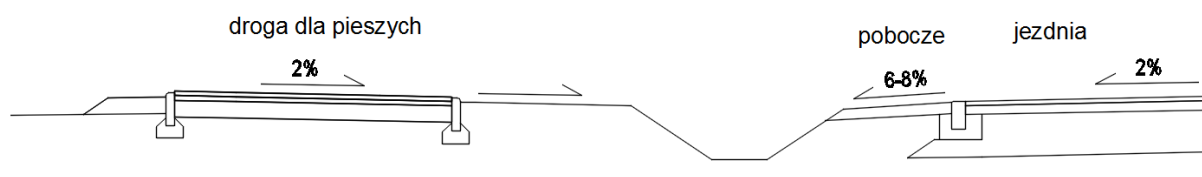


e) odprowadzenie wody do ścieku przy jezdni w połączeniu z odprowadzeniem wody do rowu



Rys. 4.4.1. Przykłady możliwego odprowadzenia wody z drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów lub drogi dla rowerów

(3) Jeżeli droga dla pieszych, droga dla pieszych i rowerów lub droga dla rowerów jest usytuowana poza koroną drogi, do jej odwodnienia dopuszcza się wykorzystanie rowu znajdującego się pomiędzy nią a poboczem (rys. 4.4.2).

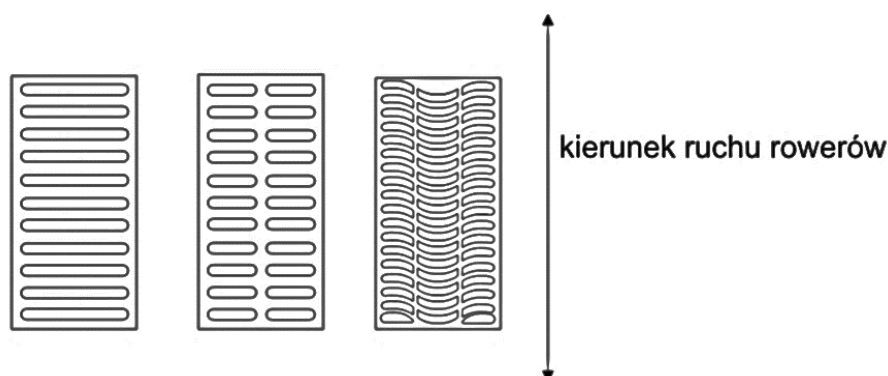


Rys. 4.4.2. Przykład odprowadzenia wód z drogi dla pieszych usytuowanej poza koroną drogi do rowu przydrożnego

(4) Zaleca się unikanie sytuowania wpustów deszczowych i studni rewizyjnych w drodze dla pieszych, natomiast wpusty deszczowe i studnie kontrolne dopuszcza się sytuować w drodze dla pieszych i rowerów, drodze dla rowerów, pasie lub kontrapasie ruchu dla rowerów tylko w trudnych warunkach.

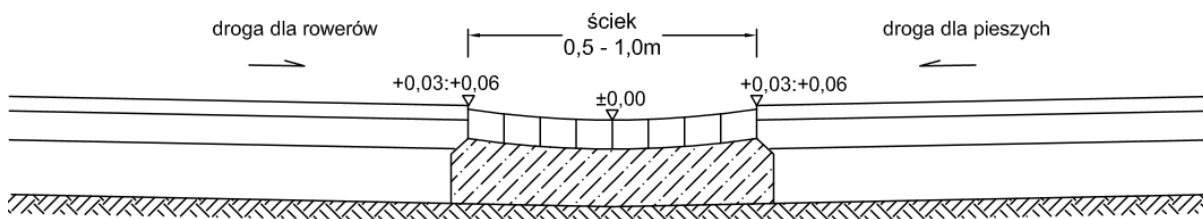
(5) Jeżeli urządzenia do odwodnienia drogi (np. studnie rewizyjne, wpusty deszczowe) są usytuowane w drodze dla pieszych, drodze dla pieszych i rowerów lub drodze dla rowerów, to powinny być zamontowane równo z powierzchnią nawierzchni tych dróg, a ich powierzchnia powinna być wykonana jako teksturowana, w celu zapobiegania poślizgom.

(6) Jeżeli urządzenia do odwodnienia drogi (np. studnie rewizyjne, wpusty deszczowe) są usytuowane w pasie lub kontrapasie ruchu dla rowerów, to powinny być zamontowane równo z powierzchnią nawierzchni tych pasów, a ich powierzchnia powinna być wykonana jako teksturowana, w celu zapobiegania poślizgom. Ruszty wpustów deszczowych powinny mieć przebieg żeberek prostopadły lub zygzakowaty do kierunku jazdy, przy uwzględnieniu typowego toru ruchu rowerów (rys. 4.4.3).



Rys. 4.4.3. Przykład rusztów zabezpieczających urządzenia do odwodnienia, które są bezpieczne dla ruchu rowerów

(7) Dopuszcza się oddzielanie drogi dla pieszych od drogi dla rowerów otwartym ściekiem w kształcie muldy o głębokości od 0,03 do 0,06 m i szerokości całkowitej od 0,50 do 1,00 m (rys. 4.4.4).



4.4.4. Schemat ścieku oddzielającego drogę dla pieszych od drogi dla rowerów

(8) Pasy i kontrapasy ruchu dla rowerów odwadniają się w taki sam sposób jak jezdnię, na której są wyznaczone.

(9) Jeżeli na jezdni wyznacza się pas lub kontrapas ruchu dla rowerów, to ściek przykrawężnikowy nie może być częścią tego pasa.

(10) Dopuszcza się oddzielanie pasa lub kontrapasa ruchu dla rowerów od pozostałych pasów ruchu elementami odwodnienia, jeżeli pas lub kontrapas ruchu dla rowerów ma szerokość nie mniejszą niż 2,00 m.

(11) Ścieki przykrawężnikowe w obrębie przejścia dla pieszych, jeżeli są konieczne, projektuje się w taki sposób, aby różnica wysokości pomiędzy krawędzią drogi dla pieszych a dnem ścieku była nie większa niż 0,02 m.

(12) Ścieki przykrawężnikowe w obrębie przejazdu dla rowerów i na odcinkach wjazdów i wyjazdów z drogi dla rowerów projektuje się w taki sposób, aby różnica wysokości pomiędzy krawędzią drogi dla rowerów a dnem ścieku była nie większa niż 0,01 m.

4.5. Odwodnienie zatok postojowych i przystankowych

(1) Zatoki postojowe i przystankowe odwadnia się przez nadanie im spadku poprzecznego wynoszącego nie mniej niż 2,5%, bez odprowadzania wody na inne powierzchnie przeznaczone do ruchu pojazdów, w tym rowerów, lub pieszych.

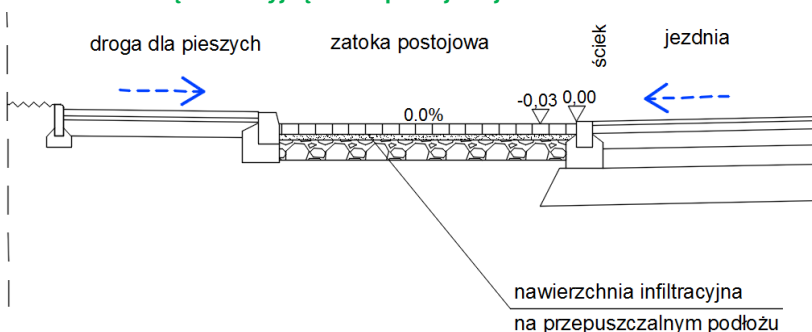
(2) Odwodnienie zatok postojowych projektuje się:

- z zastosowaniem ścieku umieszczonego pomiędzy jezdnią i zatoką (rys. 4.5.1a),
- z zastosowaniem nawierzchni infiltracyjnej w obrębie zatoki na podłożu zdolnym do infiltracji wód (rys. 4.5.1b),
- przez skierowanie wody z zatoki na powierzchnię infiltracyjną na podłożu zdolnym do infiltracji wód (rys. 4.5.1c).

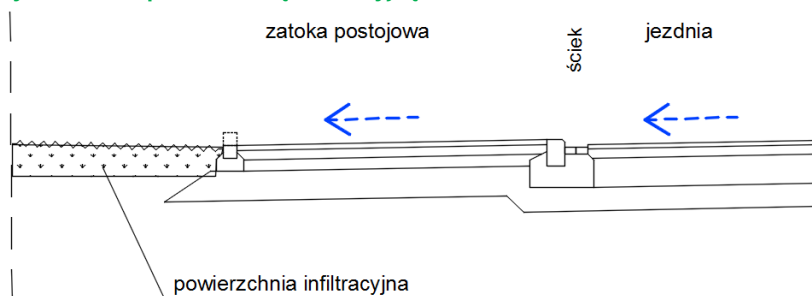
a) odwodnienie z wykorzystaniem ścieku obniżonego przy jezdni



b) odwodnienie przez nawierzchnię infiltracyjną zatoki postojowej



c) skierowanie wody z zatoki na powierzchnię infiltracyjną

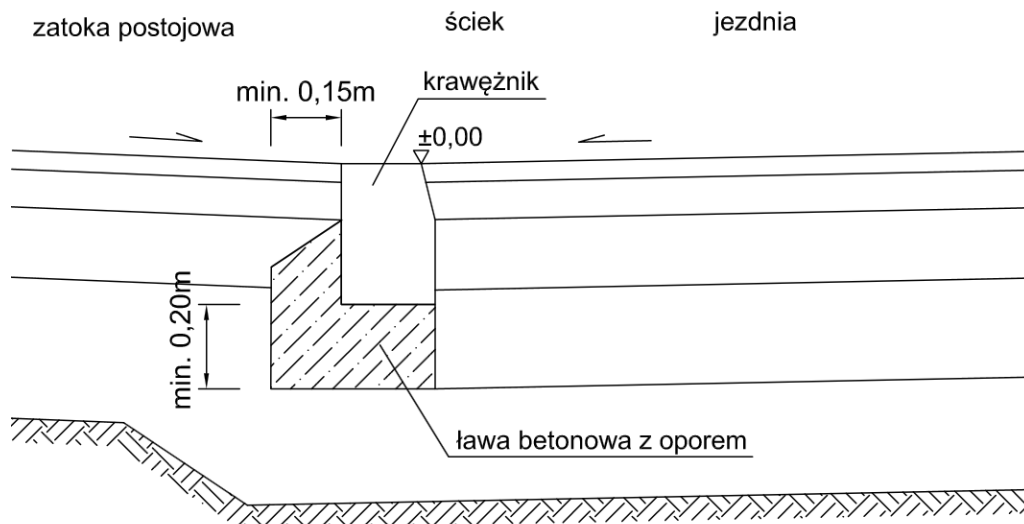


Rys. 4.5.1. Schematy odwodnienia zatok postojowych

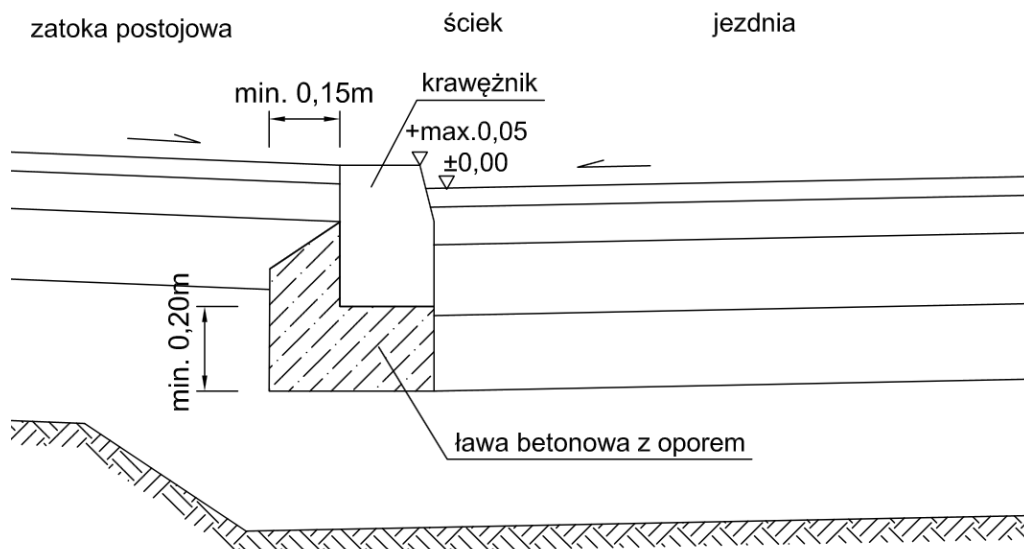
(3) Jeżeli przy jezdni występuje ściek przykrawężnikowy obniżony lub kryty, to na długości zatoki postojowej powinien być on kontynuowany.

(4) Jeżeli przy jezdni występuje ściek przykrawężnikowy zwykły, to na długości zatoki postojowej powinien być on kontynuowany jako ściek dwuskrzydłowy lub jednoskrzydłowy utworzony z zastosowaniem krawężnika „zatopionego” (rys. 4.5.2).

a) ściek z krawężnikiem „zatopionym” do poziomu jezdni



b) ściek z krawężnikiem „zatopionym” wyniesionym ponad krawędź jezdni



Rys. 4.5.2. Przykłady konstrukcji ścieku jako kontynuacji na długości zatok postojowych trójkątnego ścieku przykrawężnikowego

(5) Jeżeli przy jezdni występuje ściek przykrawężnikowy trójkątny wydzielony, to na długości zatoki postojowej następuje zmiana jego typu, poprzedzona umieszczeniem wpustu deszczowego na granicy ścieków o różnych typach.

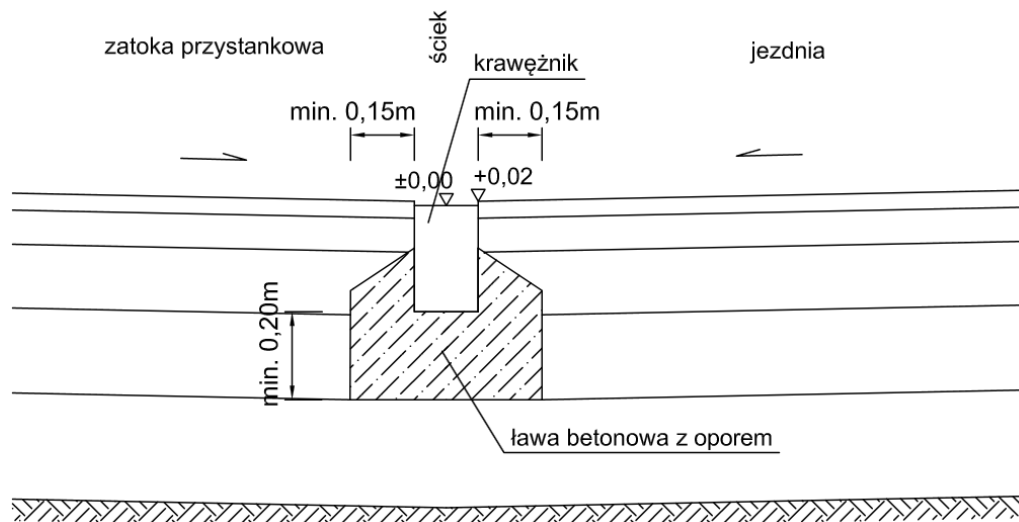
(6) Wzdłuż krawędzi zatoki postojowej dopuszcza się stosowanie ścieku skrzynkowego z kratą lub szczelinowego, projektowanego jako przejezdny, o klasie obciążenia dostosowanej do rodzaju pojazdów korzystających z zatoki, zgodnie z wymaganiami podanymi w podrozdziale 4.6.4.

(7) Do zatoki postojowej z nawierzchnią infiltracyjną dopuszcza się skierowanie wody z jezdni, jeżeli zdolność infiltracyjna podłoża nawierzchni zatoki jest wystarczająca do przejścia opadu miarodajnego z jezdni i zatoki.

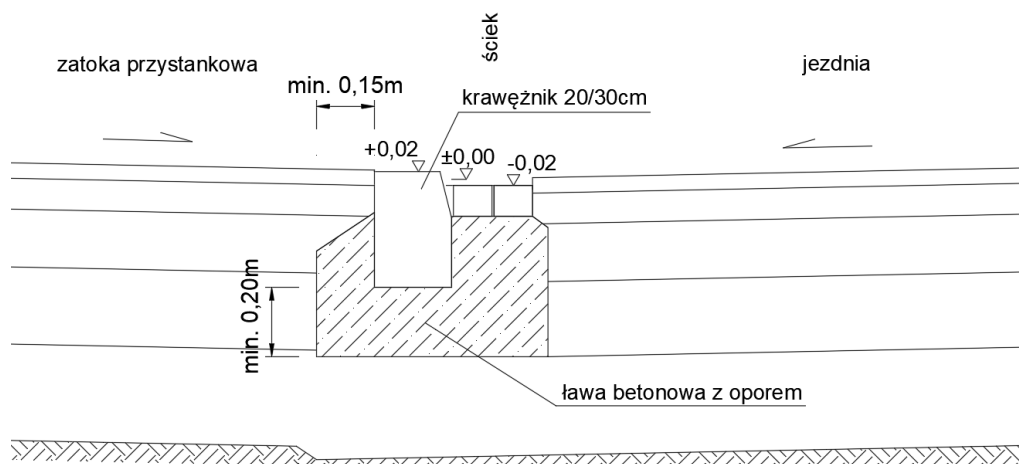
(8) Odwodnienie zatok przystankowych o nawierzchni pochylonej do krawędzi jezdni może być projektowane z zastosowaniem:

- ścieku dwuskrzydłowego, utworzonego z zastosowaniem krawężnika „wtopionego” (rys. 4.5.3a),
- ścieku trójkątnego, utworzonego z zastosowaniem krawężnika najazdowego, wyniesionego względem krawędzi jezdni,
- ścieku obniżonego, będącego kontynuacją ścieku obniżonego przykrawężnikowego, pod warunkiem zastosowania konstrukcji odpowiadającej obciążeniu ruchem autobusów lub trolejbusów (rys. 4.5.3b),
- ścieku skrzynkowego z kratą lub szczelinowego, projektowanego jako przejezdny o klasie obciążenia D-400 kN.

a) ściek dwuskrzydłowy z krawężnikiem „wtopionym” z obniżeniem



b) ściek obniżony z krawężnikiem najazdowym



Rys. 4.5.3. Przykłady konstrukcji ścieku na długości zatoki przystankowej

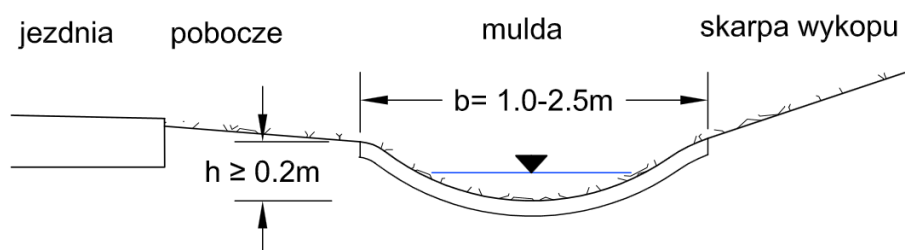
(9) Wpusty studzienek ściekowych umieszcza się od strony napływu wody przed skosem wjazdowym lub wyjazdowym z zatoki przystankowej. W ścieku na długości zatoki przystankowej nie zaleca się umieszczać wpustów wody, a jeżeli jest to konieczne z uwagi na przepustowość ścieku, to wpust umieszcza się poza śladami typowego przejazdu kół pojazdów wjeżdżających i wyjeżdżających z zatoki.

(10) Jeżeli nie ma innych możliwości, to wody spływające z przylegających do zatok drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów lub drogi dla rowerów mogą być kierowane do zatok postojowych lub przystankowych.

4.6. Urządzenia do odwodnienia powierzchniowego zbierające wodę

4.6.1. Muldy odwadniające

(1) Muldy o przekroju poprzecznym pokazanym na rys. 4.6.1.1 służą do zbierania wód opadowych i roztopowych spływających z części dróg o nawierzchni twardej i gruntowej.



Rys. 4.6.1.1. Schemat przekroju poprzecznego muldy

(2) Muldy powinny charakteryzować się następującymi parametrami:

- szerokością wynoszącą zwykle od 1,0 do 2,5 m,
- głębokością wynoszącą nie mniej niż 0,2 m, przy czym głębokość muldy nie powinna przekraczać 20% jej szerokości,
- umocnieniem zapobiegającym erozji powodowanej przez spływ wody; potrzeba i rodzaj zastosowanego umocnienia zależą od rodzaju gruntu podłoża oraz pochylenia podłużnego dna muldy; zaleca się co najmniej umocnienia dna muldy trawą na podłożu z gleby urodzajnej, inne rodzaje umocnień stosuje się zgodnie z zaleceniami podanymi w akapicie (5).

(3) Muldy o parametrach podanych w akapicie (2) nie są traktowane jako przeszkody i mogą być sytuowane w wymaganej szerokości strefy bez przeszkód, określonej w WR-D-22-1 rozdział 11.

(4) Spadek podłużny dna muldy projektowany jest w nawiązaniu do krawędzi pobocza lub spadku terenu. Jeżeli spadek podłużny dna muldy nie zapewnia jej wymaganej przepustowości, to warunki hydrauliczne spływu wody można poprawić przez:

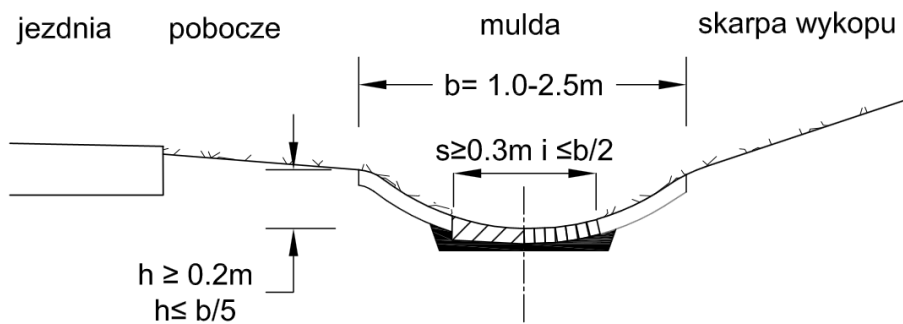
- zwiększenie spadku dna muldy,
- zwiększenie przekroju poprzecznego muldy z uwzględnieniem ograniczeń podanych w akapicie (2),
- wykonanie umocnienia dna muldy z gładkiego materiału o współczynniku szorstkości mniejszym niż w przypadku muldy trawiastej,
- wykonanie wpustów deszczowych w osi muldy,
- wykonanie drenażu w osi muldy zwiększającego odbiór wody przez przesiąkanie.

(5) Warunek ochrony muldy przed erozją będzie zwykle spełniony, jeżeli w zależności od spadku podłużnego dna muldy l zostaną zastosowane następujące rodzaje umocnień:

- $l \leq 4,0\%$ – umocnienie trawą na podłożu z gleby urodzajnej, a tylko wyjątkowo, jeżeli $l \leq 1,0\%$ oraz ze względów hydraulicznych należy poprawić warunki przepływu – stosuje się umocnienie z gładkiego materiału,
- $4,0\% < l \leq 10,0\%$ – porowate (przepuszczalne) umocnienia dna,
- $l > 10,0\%$ – wybrukowanie materiałem o nieregularnych kształtach.

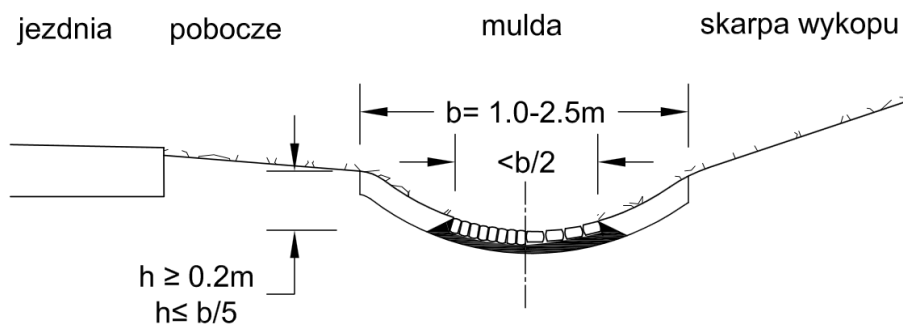
(6) Jeżeli pozwalają na to warunki miejscowe i wymagania ochrony wód podziemnych, stosuje się rozwiązania ułatwiające wsiąkanie wody do gruntu przez warstwę gleby porośniętą roślinnością, zwykle trawą. Wsiąkanie wody do gruntu można zwiększyć opóźniając odpływ wody przez stosowanie spiętrzających przegród (rys. 4.7.5.1).

(7) Muldy z umocnieniem z gładkiego materiału ze szczelnym dnem stosuje się tylko wyjątkowo, gdyż zastosowane umocnienie ogranicza wsiąkanie wody. Jako umocnienia dopuszcza się stosowanie prefabrykowanych kształtek betonowych, kostki kamiennej lub wykładzin betonowych wykonywanych na miejscu. Umocnienie wykonuje się na szerokości nie mniejszej niż 0,3 m i nie większej niż połowa szerokości muldy (rys. 4.6.1.2).



Rys. 4.6.1.2. Schemat muldy z gładkim umocnieniem dna

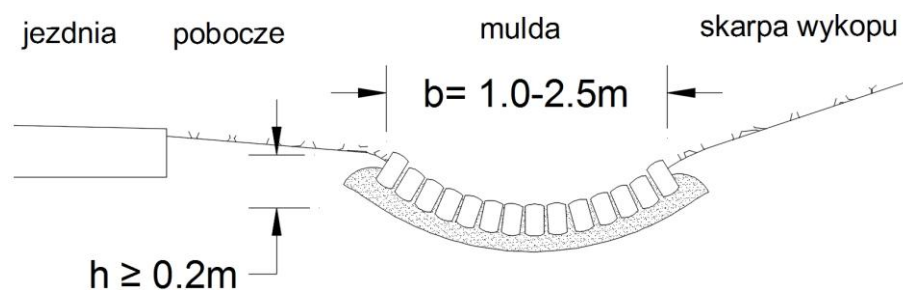
(8) Porowate umocnienie dna muldy o pochyleniu wynoszącym od 4,0 do 10,0% może być wykonane z kruszywa grubego naturalnego niełamane lub kruszywa grubego naturalnego łamanego. Można też zastosować geokraty wypełnione mieszanką kruszywa niezwiązanego o grubości warstwy nie mniejszej niż 0,10 m (rys. 4.6.1.3).



Rys. 4.6.1.3. Schemat muldy z porowatym umocnieniem dna

(9) Muldy stosowane na terenach, na których przesiąkające wody opadowe i roztopowe mogą stanowić zagrożenie dla wód gruntowych, powinny mieć uszczelnione dno. Uszczelnienie może być wykonane nieprzepuszczalnym gruntem spoistym o miąższości co najmniej 0,2 m lub przy zastosowaniu membrany z tworzywa sztucznego pokrytej warstwą urodzajnej gleby.

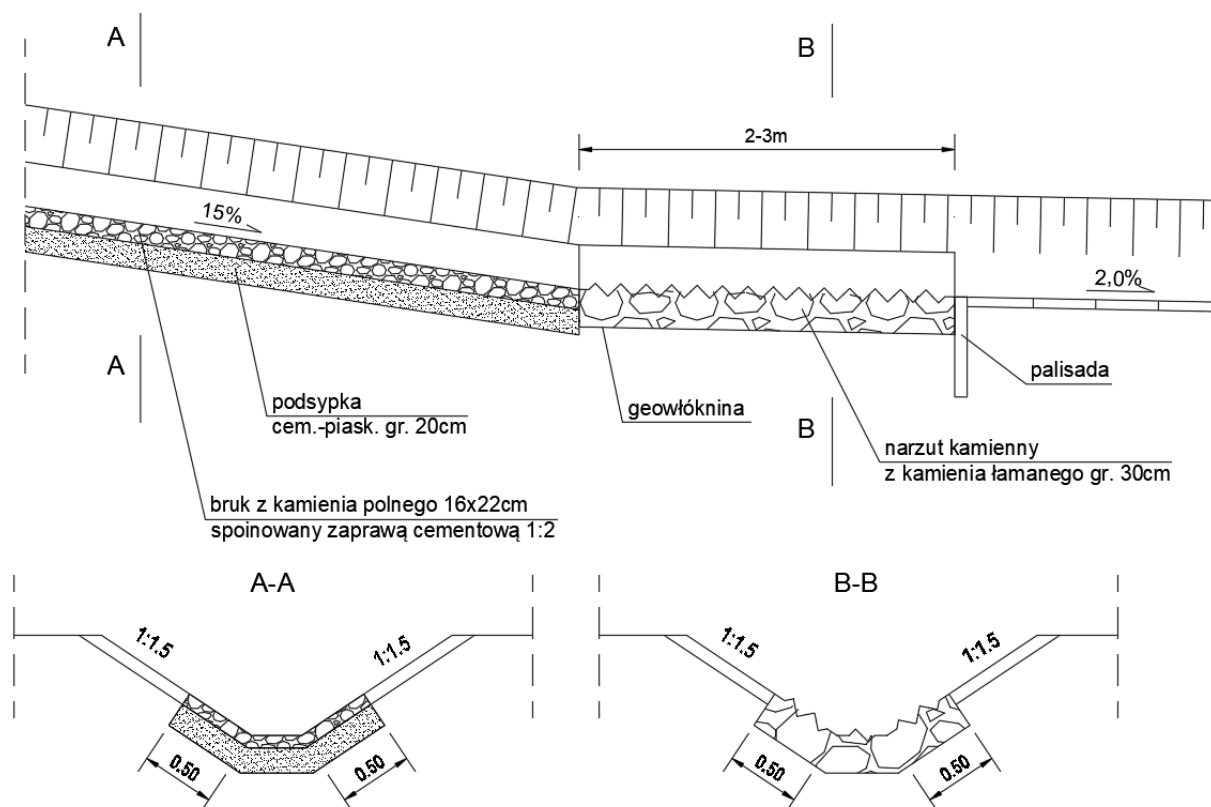
(10) Umocnienie muldy o pochyleniu większym od 10% może być wykonane przez wybrukowanie materiałem o nieregularnych kształtach na podłożu z betonu (rys. 4.6.1.4). Jako materiał brukowy zaleca się użyć kamień łamany (brukowiec) o średniej wysokości nie mniejszej niż 0,2 m, który zagłębia się w podłożu betonowym do połowy jego wysokości, a szczeliny pomiędzy poszczególnymi kamieniami klinuje się kruszywem łamanym i zalewa się upłynnionym betonem. W celu zapobiegania podmywaniu krawędzi muldy, umieszcza się po jej obydwóch stronach kamienie o większej wysokości. Ze względu na koszenie trawy na poboczu brukowanie muldy obniża się względem krawędzi pobocza o ok. 0,1 m.



Rys. 4.6.1.4. Schemat muldy brukowanej o pochyleniu $\geq 10\%$

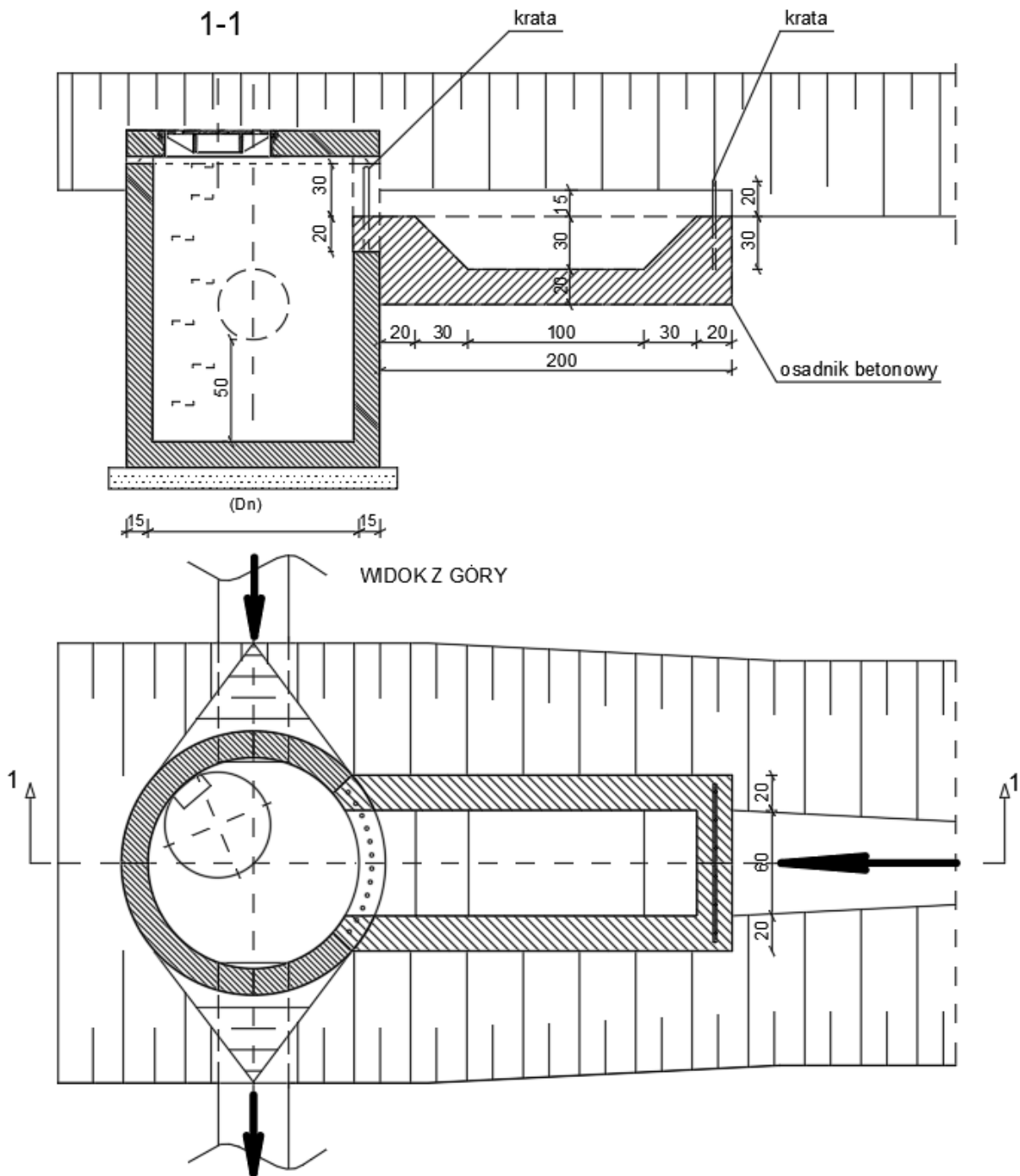
(11) Jeżeli pochylenie brukowanej muldy jest większe niż 15% i jej długość jest większa niż 5,0 m, to podłoże betonowe mocuje się do gruntu stalowymi prętami o długości ok. 0,8 m i średnicy 28 mm (1 szt./1 m² muldy) lub poprzecznymi fundamentami zapobiegającymi spłynięciu muldy. Przy dużych przepływach wody i pochyleniach dna muldy większych niż 10% zaleca się stosowanie kaskad zamiast brukowanej muldy.

(12) U podnóża odcinków muldy lub rowu o pochyleniach większych niż 10,0% stosuje się urządzenia służące wytraceniu energii przez wodę i chroniące dalszą część muldy przed rozmyciem. Zaleca się zastosowanie narzutu kamiennego lub poduszki wodnej (rys. 4.6.1.5).



Rys. 4.6.1.5. Przykład umocnienia u podnóża muldy/rowu o pochyleniu większym niż 10,0%

(13) W przypadku zakończenia muldy wlotem do kanału deszczowego, urządza się osadnik oddzielający zanieczyszczenia w postaci zawiesin i zapobiegający wpływowi grubych zanieczyszczeń do tego kanału, a sam wlot do kanału zabezpiecza się kratą (rys. 4.6.1.6).



Rys. 4.6.1.6. Przykład schematu zakończenia muldy/rowu na wlocie do kanału deszczowego

4.6.2. Rowy odwadniające

Podział i wymagania ogólne

(1) Rowy odwadniające ze względu na pełnione funkcje dzielą się na:

- a) rowy przydrożne – służące zbieraniu wody opadowej i roztopowej spływającej z części dróg o nawierzchni twardej i gruntowej,
- b) rowy stokowe – służące zbieraniu wody opadowej i roztopowej spływającej z terenu położonego powyżej drogi,
- c) rowy odpływowe – służące odprowadzaniu wody z pasa drogowego do odbiorników położonych poza tym pasem.

(2) Rowy odwadniające ze względu na kształt przekroju poprzecznego dzielą się na: rowy trapezowe, rowy trójkątne i rowy opływowe (rys. 4.6.2.1).



Rys. 4.6.2.1. Schematy typowych przekrojów poprzecznych rowów

(3) Rowy przydrożne o pochyleniu skarp większym niż 1 : 3 traktowane są jako przeszkody i mogą być sytuowane przy krawędzi drogi tylko poza strefą bez przeszkód, zgodnie z wymaganiami określonymi w WR-D-22-1 rozdział 11, a jeżeli nie ma takiej możliwości, to wówczas pomiędzy krawędzią jezdni i rowem umieszcza się barierę ochronną.

(4) Głębokość rowu powinna wynosić nie mniej niż 0,5 m. W przypadku rowu trójkątnego lub opływowego dopuszcza się mniejszą głębokość. Zaleca się, aby szerokość dna rowu trapezowego wynosiła nie mniej niż 0,5 m. Wymiary rowu w przekroju poprzecznym, poza uwzględnieniem podanego ograniczenia, powinny być ustalone na podstawie obliczeń hydraulicznych, przy założeniu, że:

- a) zwierciadło wody płynącej rowem powinno nie przekraczać wysokości jego niższej krawędzi górnej,
- b) wyloty projektowanych w konstrukcji nawierzchni drogowej drenów, sączków i warstwy odsączającej nie mogą być zatopiane przez wodę w rowie; zaleca się projektować niweletę dna rowu w taki sposób, aby poziom dna znajdował się nie mniej niż 0,2 m, a na odcinku wododziału nie mniej niż 0,1 m poniżej poziomu wylotu sączka, drenu lub warstwy odsączającej; jeżeli występuje zagrożenie zatopienia wylotu drenu, zabezpiecza się go przed zalaniem przez zastosowanie urządzeń przeciwwzalewowych, wyposażonych w mechanizm samoczynnego zamknięcia.

(5) Jeżeli pozwalają na to warunki miejscowe i wymagania ochrony wód podziemnych, stosuje się rozwiązania ułatwiające wsiąkanie wody w rowie do gruntu przez warstwę gleby porośniętą roślinnością, zwykle trawą.

(6) Krawędzie przecięcia skarp rowu z poboczem i terenem zaokrągla się ze względów utrzymaniowych.

(7) Pochylenie podłużne dna rowu powinno być nie mniejsze niż 0,3% i powinno zapewnić jego sprawność hydrauliczną. Możliwe jest zastosowanie pochylenia mniejszego niż 0,3%, jeżeli przez poprawę warunków przepływu, tj. gładkie umocnienie dna i skarp rowu lub inne rozwiązania, zapewni się wymaganą sprawność hydrauliczną rowu.

(8) Przeciwdziałanie erozji skarp i dna rowu może wymagać zastosowania ich umocnienia, którego rodzaj zależy od spadku podłużnego dna rowu, rodzaju podłoża gruntowego i objętości wody odprowadzanej rowem. W zależności od sposobu umocnienia, bądź nie umocnienia dna rowu i skarp, zaleca się stosować największe dopuszczalne wartości spadków podłużnych dna rowu zestawione w tab. 4.6.2.1 i 4.6.2.2. Niezależnie od podanych w tab. 4.6.2.1 pochyleń dopuszczalnych, ze względów środowiskowych zaleca się obsiewanie skarp i dna rowu trawą, jeżeli nie jest on w sposób ciągły napelniony wodą.

Tab. 4.6.2.1. Wartości największych spadków podłużnych rowów o nieumocnionych skarpach i dnie

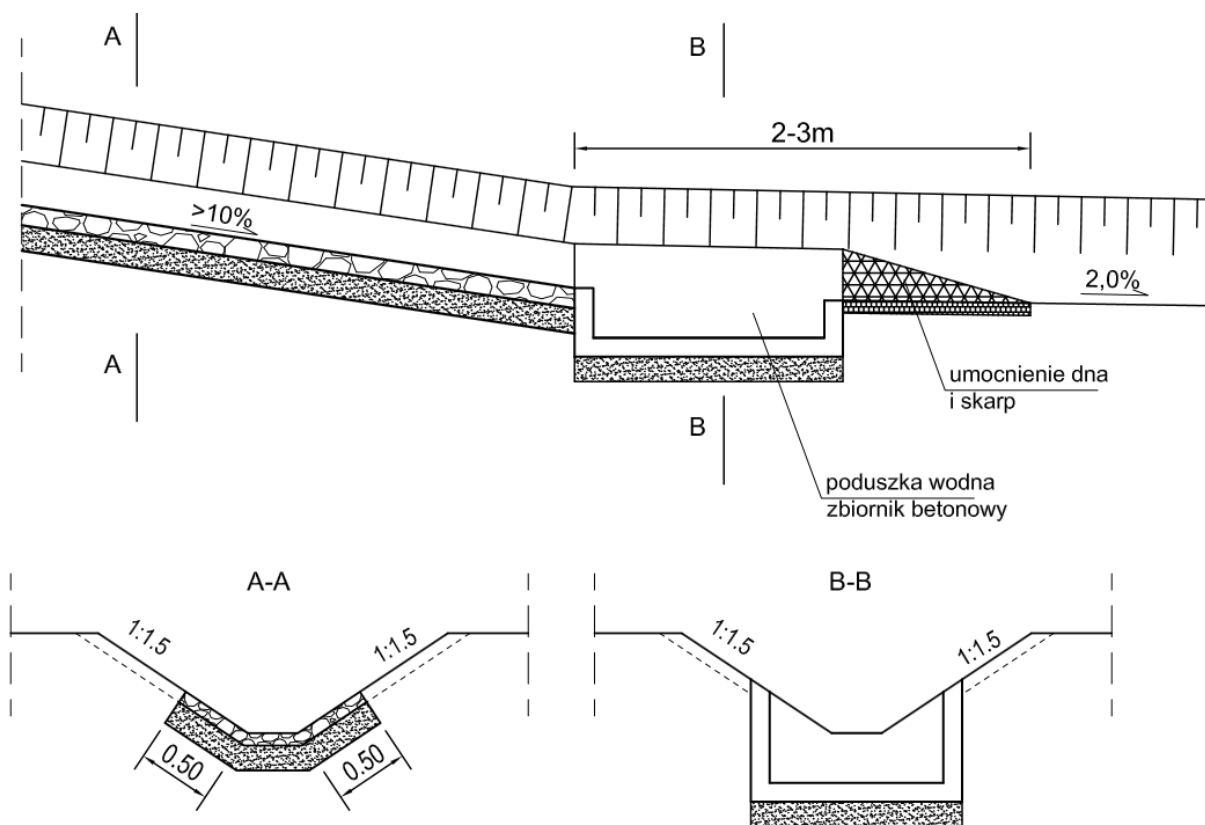
Rodzaj gruntu	Największe pochylenie podłużne [%]
grunty piaszczyste	1,5
grunty piaszczysto-gliniaste i pylaste	2,0
grunty gliniaste i ilaste	3,0
grunty skaliste	10,0

Tab. 4.6.2.2. Wartości największych spadków podłużnych rowów o umocnionych skarpach i dnie

Rodzaj gruntu	Największe pochylenie podłużne [%]
mata trawiasta (stosowana, jeżeli rów nie jest w sposób ciągły napełniony wodą)	2,0
faszyna	4,0
bruk na sucho	6,0
elementy betonowe	6,0
bruk na podsypce cementowo-piaskowej o grubości minimalnej 20 cm lub podłożu betonowym z wypełnieniem spoin zaprawą cementowo-piaskową 1 : 2	15,0
bruk na podłożu betonowym z wypełnieniem spoin upłynnionym betonem	w zależności od rodzaju bruku

(9) Dobierając sposób umocnienia rowu bierze się pod uwagę jego wpływ na bezpieczeństwo użytkowników drogi i na środowisko przyrodnicze.

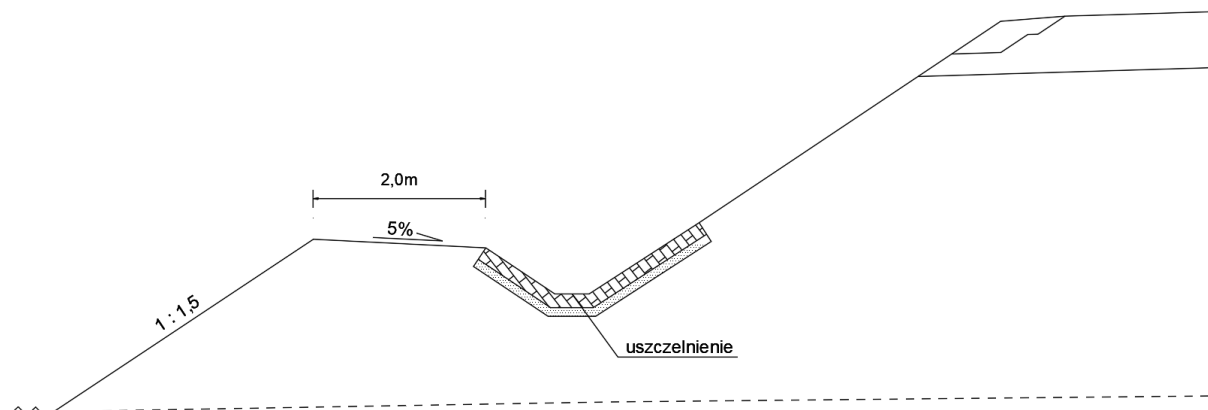
(10) U podnóża odcinków rowów o dużych pochyleniach, wymagających umocnienia, np. korytami betonowymi, bystrotokami lub kaskadami, instaluje się urządzenia służące wytraceniu energii przez wodę i chroniące dalszą część rowu przed rozmyciem. Zaleca się stosowanie narzutu kamiennego lub poduszki wodnej (rys. 4.6.2.2).



Rys. 4.6.2.2. Schemat umocnienia u podstawy rowu o pochyleniu większym niż 10% – zakończenie z poduszką wodną

(11) W przypadku zakończenia rowu wlotem do kanału deszczowego, przed wlotem urządza się osadnik zapobiegający wpływowi grubych zanieczyszczeń do tego kanału, a wlot do kanału zabezpiecza się kratą. Studzienki kanalizacji deszczowej i studzienki będące elementami podczyszczania wody, zlokalizowane w strefie bez przeszkód zdefiniowanej w WR-D-22-1 w rozdziale 11, nie mogą wystawać z dna i skarp rowów, ani też w inny sposób zmieniać je w przeszkody opisane w WR-D-22-3 podrozdział 4.3.2.

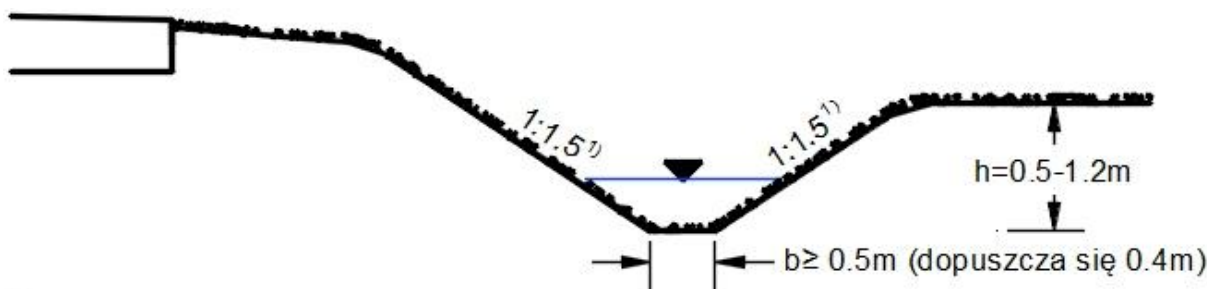
(12) Dopuszcza się odcinkowe wykonywanie rowów i muld w gruncie nasypowym, jeżeli wynika to z konieczności odprowadzenia wody poza lokalne obniżenia terenu. W takich przypadkach można stosować rowy lub muldy szczelne (schemat na rys. 4.6.2.3).



Rys. 4.6.2.3. Przykładowy schemat wykonania rowu w gruncie nasypowym

Rowy przydrożne

(13) Rowy trapezowe powinny charakteryzować się zalecanymi parametrami podanymi na rys. 4.6.2.4.

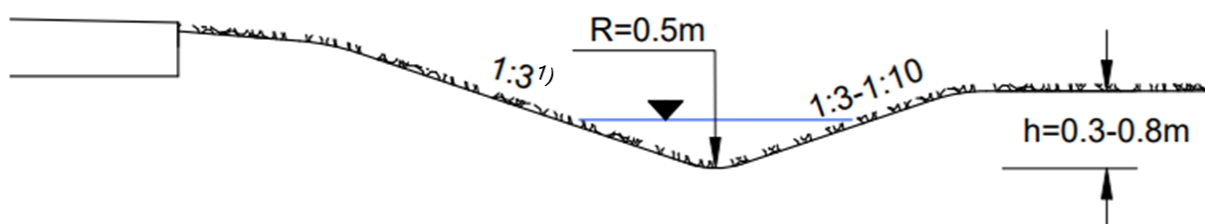


¹⁾ zaleca się stosowanie skarp o mniejszych nachyleniach, gdyż sprzyja to zwiększeniu wsiąkania wody oraz poprawia efekt wytrącania zanieczyszczeń w formie zawiesiny. W trudnych warunkach dopuszcza się zwiększenie nachylenia skarp rowu trapezowego do wartości nie większej niż 1:1, przy spełnieniu warunków stateczności skarpy.

Rys. 4.6.2.4. Przekrój poprzeczny typowego rowu trapezowego

(14) Rowy trapezowe stosuje się na drogach wszystkich klas, pod warunkiem spełnienia wymagań dotyczących strefy bez przeszkód określonych w WR-D-22-1 rozdział 11.

(15) Rowy trójkątne powinny charakteryzować się zalecanymi parametrami podanymi na rys. 4.6.2.5.



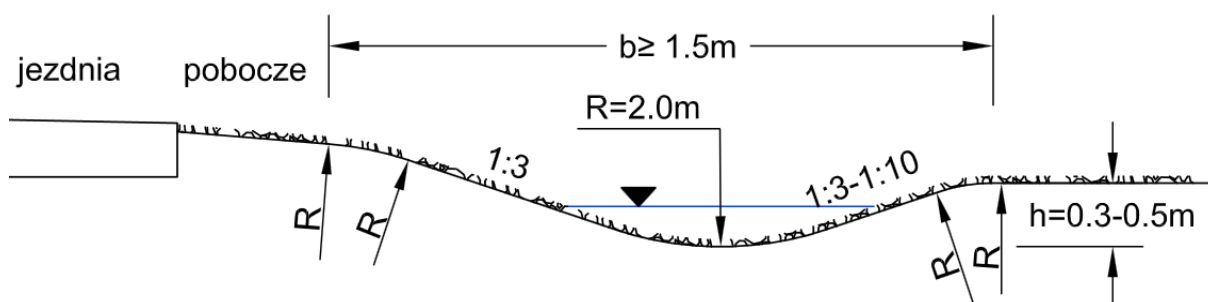
¹⁾ zaleca się stosowanie skarp o mniejszych nachyleniach, jeżeli wynika to z wymagań bezpieczeństwa ruchu lub potrzeby zwiększenia wsiąkania wody

Rys. 4.6.2.5. Przekrój poprzeczny typowego rowu trójkątnego

(16) Rowy trójkątne o parametrach podanych w akapicie (15) nie są traktowane jako przeszkody i mogą być sytuowane w strefie bez przeszkód na drogach wszystkich klas, z zaleceniem ich stosowania na drogach klas A, S i GP.

(17) Dopuszcza się zwiększenie nachylenia skarp rowu trójkątnego do wartości nie większej niż 1 : 2, ale wówczas nie może być on sytuowany w strefie bez przeszkód.

(18) Rowy optywowe powinny charakteryzować się zalecanymi parametrami podanymi na rys. 4.6.2.6.



Rys. 4.6.2.6. Przekrój poprzeczny typowego rowu optywowego

(19) Rowy optywowe o parametrach podanych w akapicie (18) nie są traktowane jako przeszkody i mogą być sytuowane w strefie bez przeszkód na drogach wszystkich klas, z zaleceniem ich stosowania na drogach klas A, S i GP.

(20) Dopuszcza się zwiększenie nachylenie skarp rowu optywowego do wartości nie większej niż 1 : 2, ale wówczas nie może być on sytuowany w strefie bez przeszkód.

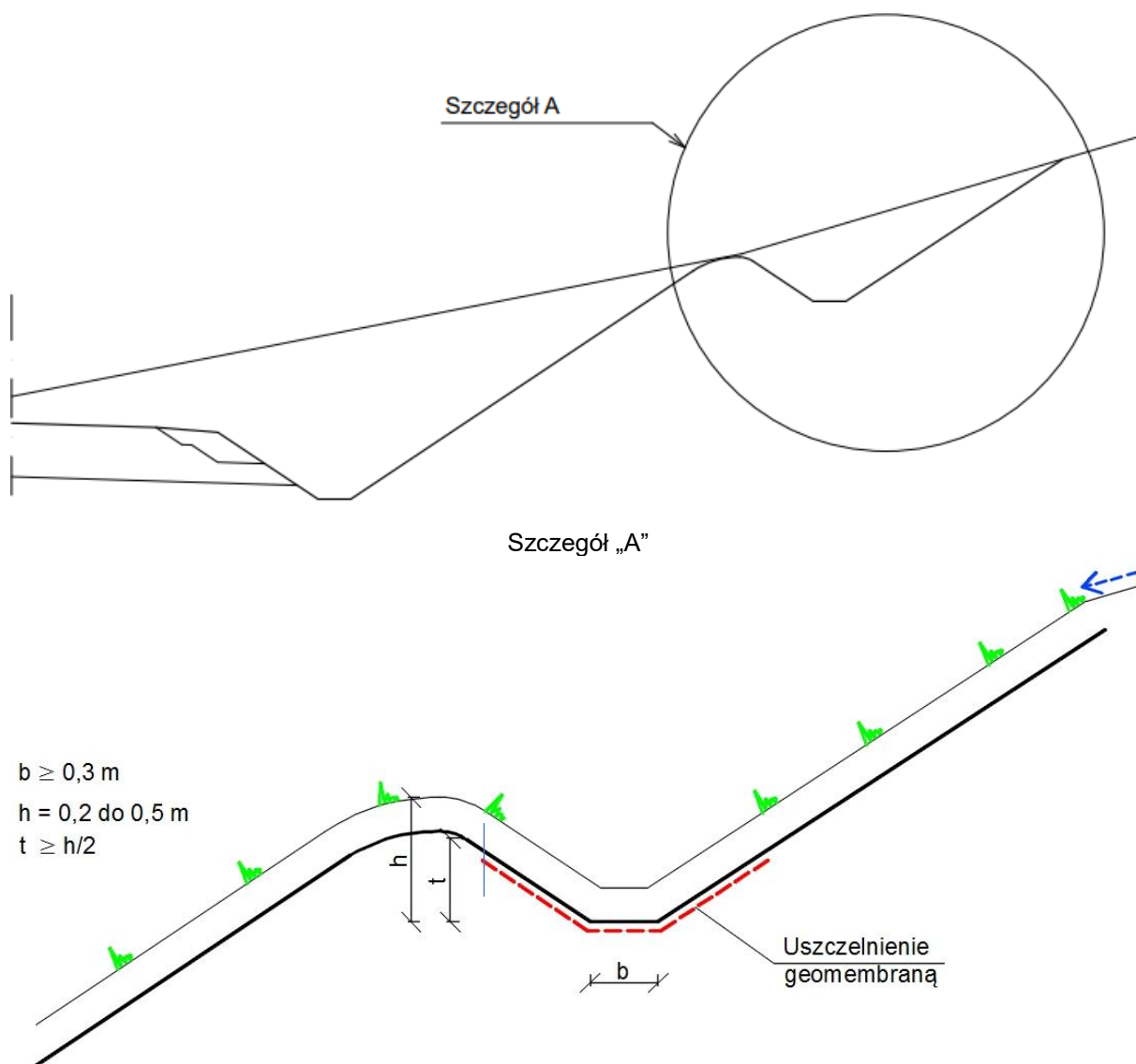
Rowy stokowe

(21) Rowy stokowe sytuowane są na terenach położonych powyżej poziomu drogi i pochylonych w jej stronę. Przebieg tych rowów dopasowuje się do istniejącego terenu już po wyznaczeniu granicy robót ziemnych.

(22) Rowy stokowe zaleca się stosować:

- w celu ochrony przyległych do drogi stoków i skarp wykopów przed skutkami erozji powierzchniowej,
- w celu zapobieżenia nadmiernego zawilgocenia skarp i podnóży zbocza prowadzącego do wystąpienia osuwisk lub rozmycia skarp,
- aby nie dopuścić do rowów przydrożnych wód doływających po zboczach z powierzchni zlewni terenowych.

(23) Przekrój poprzeczny rowu stokowego (rys. 4.6.2.7) wykonuje się zwykle jako trapezowy o szerokości dna nie mniejszej niż 0,3 m i głębokości od 0,3 do 0,5 m. W zależności od warunków miejscowych i objętości spływających wód deszczowych konieczne może być zaprojektowanie i wykonanie rowu stokowego o większych wymiarach.



Rys. 4.6.2.7. Typowy przekrój rowu stokowego

(24) Spadek podłużny dna rowu stokowego powinien być nie mniejszy niż 0,5%. Większe spadki dna mogą wymagać umocnienia rowu zgodnie z zasadami podanymi w akapicie (8).

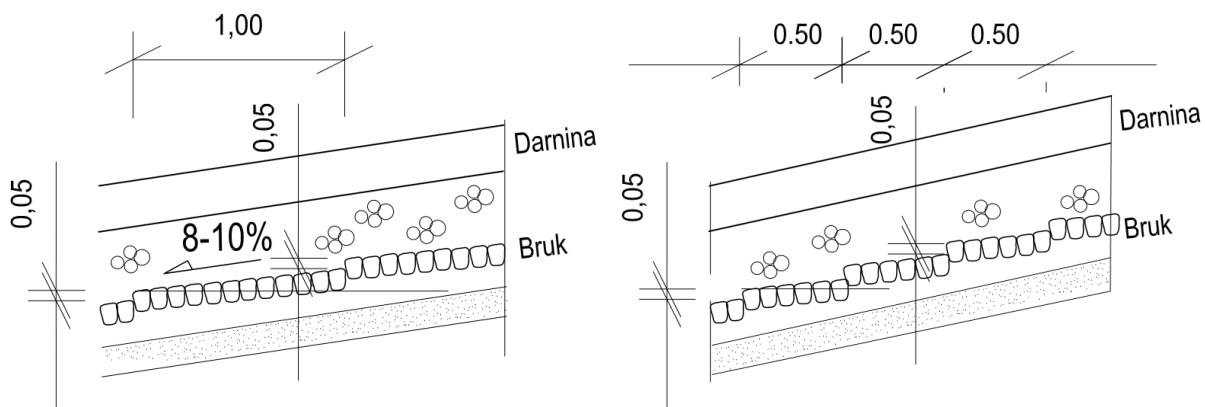
(25) Jeżeli wody wsiąkające w obrębie rowu stokowego mogłyby zagrażać stateczności skarp, uszczelnia się je nieprzepuszczalnym gruntem spoistym o miąższości co najmniej 0,2 m lub przy zastosowaniu membrany z tworzywa sztucznego pokrytej warstwą gleby lub elementów betonowych. Jeżeli jest taka możliwość, to zaleca się odsunąć rów stokowy od granicy robót ziemnych.

4.6.3. Kaskady i bystrotoki

(1) Kaskada to konstrukcja powstała po wbudowaniu stopni w dnie muldy lub rowu o znacznym pochyleniu. Stopnie wykonuje się przez ukształtowanie dna rowu (rys. 4.6.3.1) lub przez wykonanie spiętrzeń w rowie (rys. 4.6.3.2). Ze względu na materiał użyty do wykonania konstrukcji rozróżniamy kaskady kamienne i betonowe.

a) przekrój podłużny kaskady o spadku <math><20,0\%</math>

b) przekrój podłużny kaskady o spadku $\geq 20,0\%$



Rys. 4.6.3.1. Przykładowe schematy profilu podłużnego kaskad w ciągu rowu [m]

(2) Kaskady zaleca się stosować:

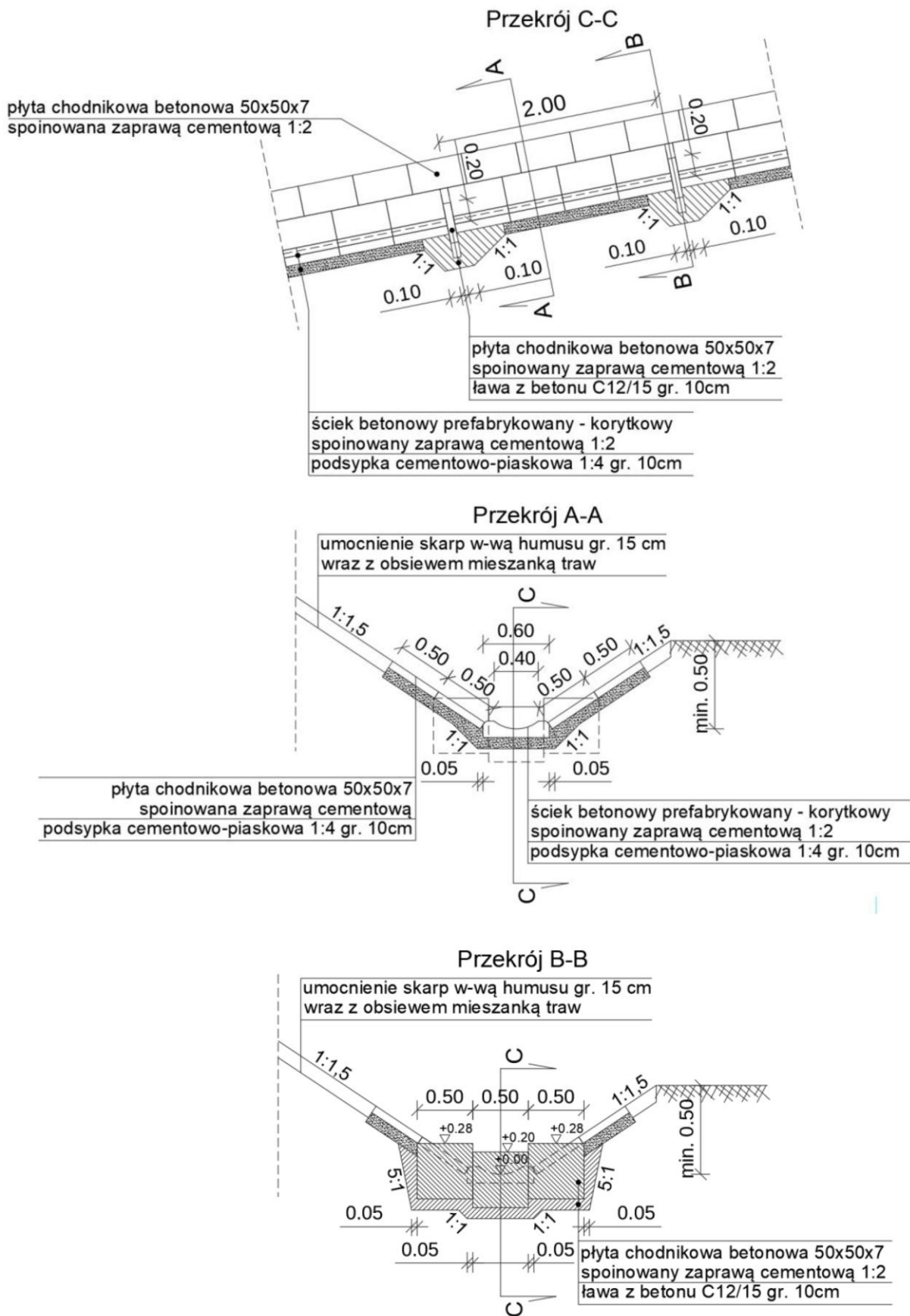
- a) gdy występują rowy, dla których wartość obliczeniowa spadku podłużnego przekracza 15,0%,
- b) w celu odprowadzenia wody z rowu stokowego,
- c) w obrębie skarpy do odprowadzenia wody z ujścia kanalizacji deszczowej o niewielkiej przepustowości lub pojedynczego wpustu deszczowego do rowu przydrożnego lub innego zbiornika.

(3) W odniesieniu do konstrukcji kaskady zaleca się, aby:

- a) wysokość stopnia kaskady wynosiła nie więcej niż 0,50 m,
- b) szerokość stopnia kaskady wynosiła od 0,30 do 0,50 m,
- c) ścianki kaskady miały grubość od 0,20 do 0,30 m,
- d) wartości pochyłeń podłużnych dna rowu pomiędzy stopniami kaskady nie przekraczały wartości dopuszczalnych przy danym rodzaju umocnienia.

(4) Szerokość dna kaskady może być stała lub zmienna. U spodu kaskady pojedynczej lub kaskady dolnej projektuje się poduszkę wodną o grubości od 0,25 do 0,40 m z fundamentem o grubości od 0,35 do 0,40 m.

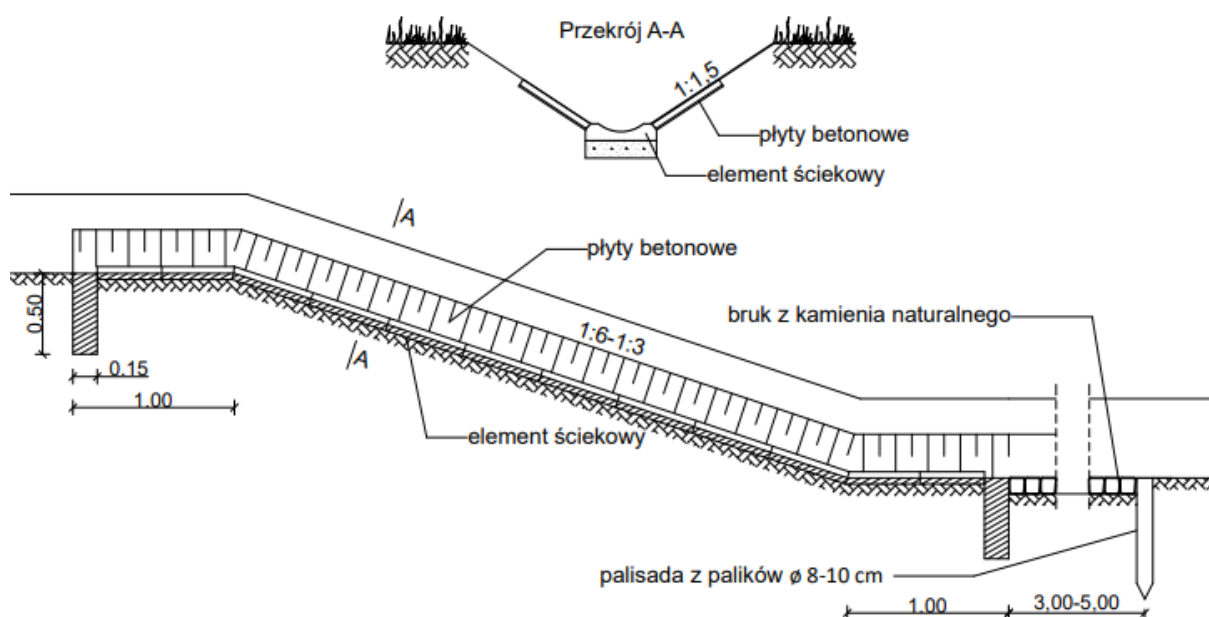
(5) Przy stopniu kaskady wzmocnia się skarpy i dno rowu. Do wzmocnienia wykorzystuje się bruk lub płyty betonowe układane na podsypce cementowo-piaskowej (rys. 4.6.3.2).



Rys. 4.6.3.2. Przykład projektowy kaskady w ciągu rowu wykonanej przez zastosowanie progów

(6) Bystrotok jest konstrukcją alternatywną w stosunku do kaskady, umożliwiającą przepływ wody z wyższego do niższego poziomu, np. w rowach o pochyleniu podłużnym dna przekraczającym 10,0% (rys. 4.6.3.3).

(7) Bystrotok, jako konstrukcję hydrotechniczną, projektuje się zgodnie z rozporządzeniem [1].



Rys. 4.6.3.3. Schematyczne przedstawienie bystrotoku

4.6.4. Ścieki drogowe i uliczne

Podział ścieków i ogólne wymagania ich projektowania

(1) Ścieki drogowe i uliczne (nazywane też rynnami drogowymi i ulicznymi) występują wzdłuż powierzchni przeznaczonych do ruchu lub pomiędzy nimi i przejmują dopływające wody opadowe oraz roztopowe, a następnie odprowadzają do wpustów kanalizacji deszczowej (lub ogólnospławnej), albo bezpośrednio do odbiornika wód powierzchniowych.

(2) Ścieki drogowe i uliczne stanowią odrębną część drogi i powinny znajdować się poza jezdnią, częścią pobocza o nawierzchni twardej (pasm awaryjnym, opaską zewnętrzną) oraz opaską wewnętrzną, z zastrzeżeniem akapitu (4). Ścieki mogą przylegać do części pobocza o nawierzchni twardej (pasa awaryjnego, opaski zewnętrznej) i opaski wewnętrznej, a jeżeli te części drogi nie występują, bezpośrednio do jezdni.

(3) Wynikający z konstrukcji ścieku uskok przy krawędzi z jezdnią, częścią pobocza o nawierzchni twardej (pasm awaryjnym, opaską zewnętrzną) oraz opaską wewnętrzną powinien być nie większy niż 0,05 m z uwzględnieniem dodatkowych ograniczeń wynikających z warunków ruchu pieszych i rowerów.

(4) Dopuszcza się odprowadzenie wody w osi jezdni ulicy klasy L lub D przy zastosowaniu ścieku zamkniętego będącego częścią konstrukcji nawierzchni. Dopuszcza się również zastosowanie ścieku odkrytego o szerokości konstrukcyjnej nie przekraczającej 0,250 m i głębokości nie większej niż 0,025 m bez wliczania tego ścieku do wymaganej szerokości jezdni. Konstrukcja ścieku zamkniętego i odkrytego powinna spełniać warunek nośności wynikający z dopuszczenia ruchu pojazdów po ścieku.

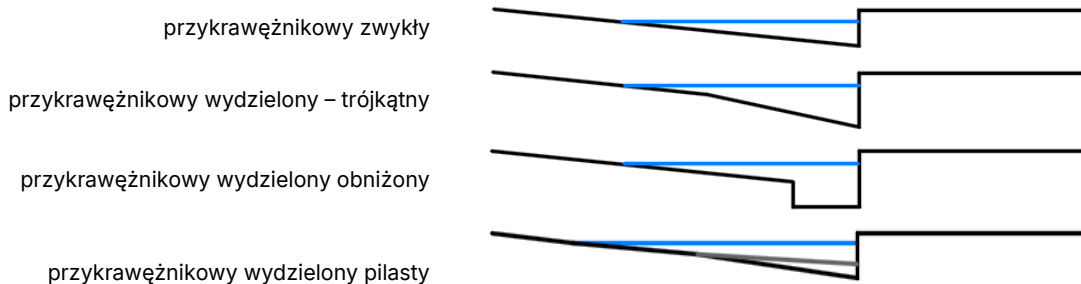
(5) W szczególnych przypadkach, np. przy odwodnieniu ramp drogowych lub wlotów skrzyżowania, ściek może być wbudowany w nawierzchnię jezdni i stanowić jej konstrukcyjną część. W takich przypadkach konstrukcja ścieku powinna spełniać warunki nośności i równości określone dla nawierzchni.

(6) Ścieki drogowe i uliczne mogą przejmować także wody spływające z części drogi o nawierzchni gruntowej (np. z pasów dzielących, poboczy lub części poboczy, pasów zieleni) i innych części pasa drogowego.

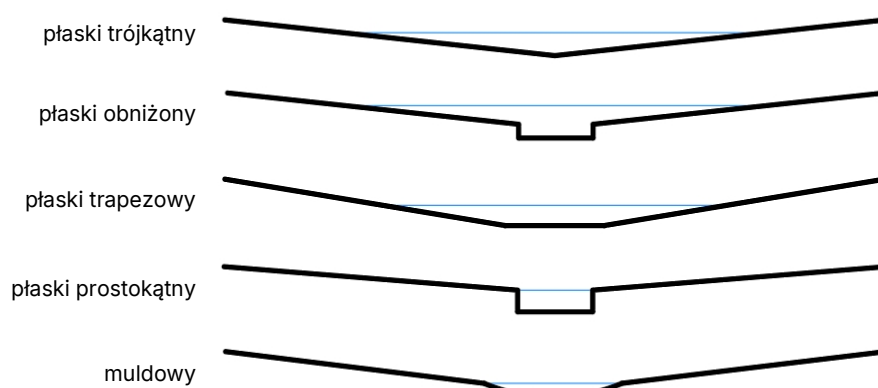
(7) Ze względu na kształt, sposób zbierania wody oraz zastosowania, rozróżnia się ścieki (rys. 4.6.4.1):

- a) otwarte przykrawężnikowe (uliczne i drogowe),
- b) otwarte dwuskrzydłowe między powierzchniami przeznaczonymi do ruchu (uliczne),
- c) otwarte drogowe,
- d) zamknięte (uliczne i drogowe).

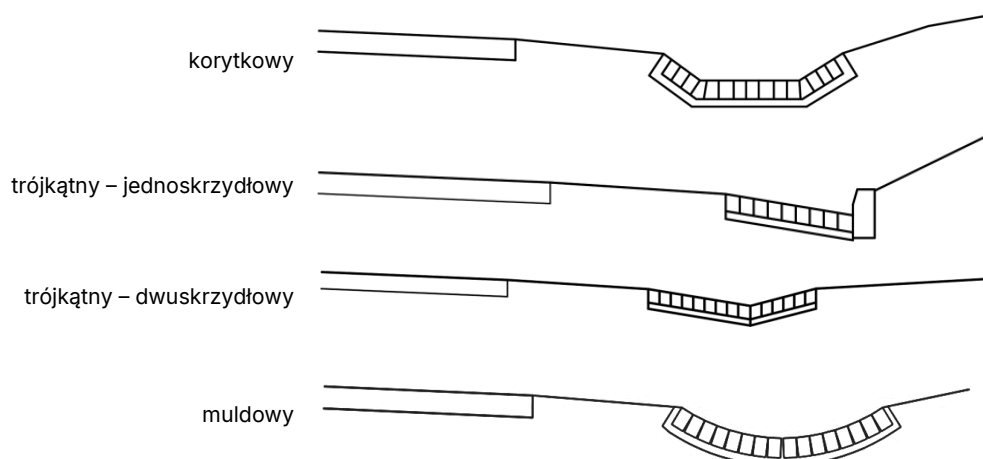
a) ścieki otwarte przykrawężnikowe (uliczne i drogowe)



b) ścieki otwarte dwuskrzydłowe (uliczne)

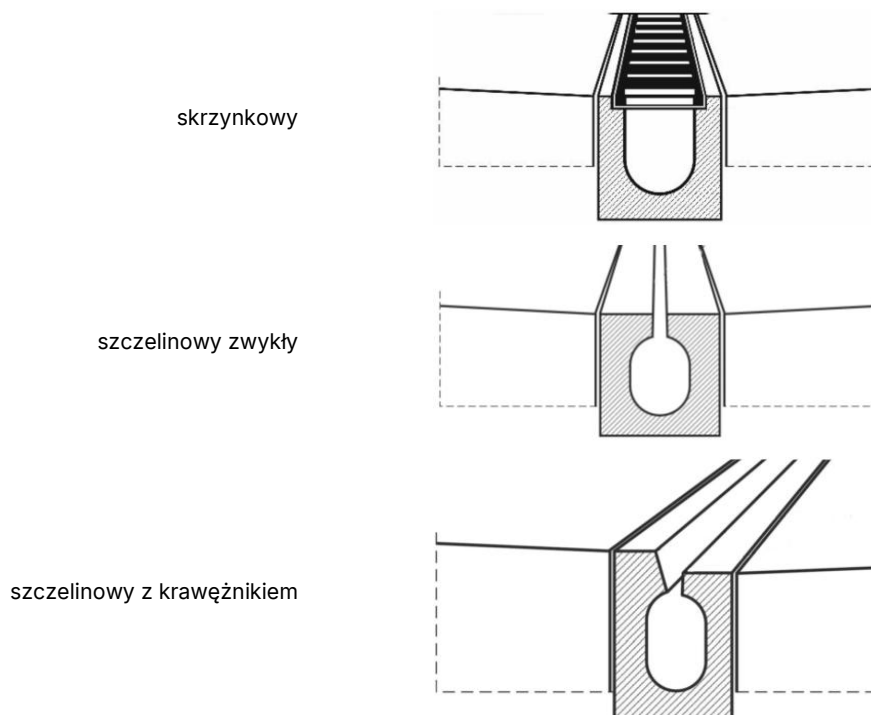


c) ścieki otwarte drogowe



Rys. 4.6.4.1. Rodzaje ścieków – schematy (1 z 2)

d) ścieki zamknięte (uliczne i drogowe)



Rys. 4.6.4.1. Rodzaje ścieków – schematy (2 z 2)

(8) Ścieki otwarte dwuskrzydłowe, ścieki zamknięte skrzynkowe i szczelinowe projektuje się jako przejezdne, szczególnie na wlotach skrzyżowań, zjazdach, wyjazdach, wjazdach, parkingach, zatokach przystankowych i placach. Ścieki zamknięte projektuje się jako przejezdne także w miejscach wymagających specjalnych rozwiązań odwodnienia powierzchniowego, np. w obrębie ramp drogowych.

(9) Konstrukcja ścieków wraz z ich posadowieniem powinna uwzględniać ich możliwe obciążenie ruchem pojazdów. W celu oceny tego obciążenia i projektowania konstrukcji ścieku wprowadza się klasy obciążenia ścieku określone w tab. 4.6.4.1.

Tab. 4.6.4.1. Kryteria ustalania klasy obciążenia ścieku [29]

Klasa obciążenia ścieku		Ruch na jezdni wzdłuż ścieku	Ruch w poprzek ścieku
A	Małe obciążenie	<ul style="list-style-type: none"> brak ruchu samochodów ciężarowych i bardzo mały ruch samochodów osobowych 	<ul style="list-style-type: none"> brak przejazdów przez samochody ciężarowe, okazjonalne przejazdy samochodów osobowych, np. na dojazdach do pojedynczej zabudowy mieszkaniowej
B	Średnie obciążenie	<ul style="list-style-type: none"> okazjonalny ruch samochodów ciężarowych i regularny ruch samochodów osobowych okazjonalne najechania przez samochody ciężarowe na ściek 	<ul style="list-style-type: none"> okazjonalne przejazdy samochodów ciężarowych i regularne przejazdy samochodów osobowych, np. do zabudowy mieszkaniowej
C	Duże obciążenie	<ul style="list-style-type: none"> regularny ruch samochodów ciężarowych, w tym o dużych naciskach na oś regularne lub częste przypadki najeżdżania na ściek przez samochody ciężarowe, np. przy ich wymijaniu się 	<ul style="list-style-type: none"> regularne przejazdy samochodów ciężarowych, w tym o dużych naciskach na oś (np. dojazd do obiektów komercyjnych i przemysłowych)
D	Bardzo duże obciążenie	<ul style="list-style-type: none"> duży ruch samochodów ciężarowych, w tym o dużych naciskach na oś, częste przypadki przejeżdżania przez krawędzie ronda ze ściekami, przez ścieki na zatokach przystankowych 	<ul style="list-style-type: none"> bardzo częste przejazdy samochodów ciężarowych, szczególnie o dużych naciskach na oś (np. dojazdy do terenów przemysłowych z częstymi dostawami towarów samochodami ciężarowymi)

- (10) Przy ustalaniu klasy obciążenia ścieku dodatkowo bierze się pod uwagę:
- a) szerokość pasa ruchu oraz sprawdza się, czy przy szerokości $\leq 3,0$ m będzie dochodzić do częstych najazdów na ściek przez samochody ciężarowe (manewry wymijania),
 - b) ewentualne dodatkowe wymagania związane z utrzymaniem zimowym, przejazdami pojazdów ponadnormatywnych itp.
- (11) Nośność podłoża, na którym posadowiona jest ława fundamentu ścieku, powinna w zależności od klasy obciążenia ścieku spełniać następujące wymagania, określone przez wtórny moduł odkształcenia:
- a) klasa obciążenia A: $E_2 \geq 80$ MPa (50 MPa w przypadku dróg dla pieszych, dróg dla rowerów oraz dróg dla pieszych i rowerów),
 - b) klasa obciążenia B: $E_2 \geq 100$ MPa,
 - c) klasa obciążenia C: $E_2 \geq 120$ MPa,
 - d) klasa obciążenia D: $E_2 \geq 120$ MPa.
- (12) Ławę betonową pod krawężnikami ograniczającymi ściek i pod ściekami wykonuje się z betonu zapewniającego jej wytrzymałość, dostosowaną do klasy obciążenia ścieku, lecz nie niższą niż 12,5 MPa. Zaleca się stosowanie betonu co najmniej klasy C16/20.
- (13) W ściekach wykonuje się szczeliny dylatacyjne umożliwiające kompensację odkształceń termicznych. Szczeliny te zaleca się stosować co 6,0-8,0 m i w odległości od 0,5 do 1,0 m od wpustu deszczowego.
- (14) Elementy ścieku bezpośrednio narażone na działanie agresywnego środowiska powinny spełniać dodatkowe wymagania wynikające z określonych klas ekspozycji w zależności od warunków środowiska. Minimalne właściwości mieszanki betonowej do wykonywania ścieków in-situ powinny spełniać następujące wymagania:
- a) klasa ekspozycji – co najmniej XF2, a jeżeli element pełni istotną rolę – XF4,
 - b) mrozoodporność – F150,
 - c) odporność na środki odładzające – FT 1,
 - d) wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu – min. 3,0 MPa (dla KR0, KR1, KR2, KR3 i KR4) lub min. 3,5 MPa (dla KR5, KR6 i KR7).
- (15) Ścieki będące płytkimi korytami z umocnionym dnem i ścianami zaleca się stosować jako standardowe rozwiązania odwodnienia szczelnych powierzchni w obrębie pasa drogowego, jeżeli jest to możliwe z uwagi na objętość odprowadzanych wód.
- (16) Ścieki mogą mieć powierzchnię identyczną z nawierzchnią jezdni, do której przylegają, lub być wykonane z innych materiałów, np. kostki kamiennej lub betonowej, klinkieru lub jako monolityczne z betonu.
- (17) Stosując ścieki zamknięte uwzględnia się klasę ich obciążenia oraz łatwość dostępu do nich i możliwości ich regularnego przeglądu, a także okresowego oczyszczania, bez nadmiernych utrudnień dla uczestników ruchu drogowego.
- (18) Ze względu na sprawność hydrauliczną, spadek podłużny dna wszystkich rodzajów ścieków odkrytych powinien być nie mniejszy niż 0,5%. Jeżeli spadek podłużny przylegającej do ścieku krawędzi powierzchni odwadnianej jest mniejszy niż 0,5%, to sprawność hydrauliczną ścieku zwiększa się stosując ściek przykrawężnikowy ze zmiennym spadkiem poprzecznym (tzw. ściek pilasty, nazywany także wahadłowym) lub ściek zamknięty o zmiennej głębokości.
- (19) Na krótkich odcinkach, szczególnie na odcinkach wododziałowych, dopuszcza się mniejszy spadek podłużny dna ścieku wynoszący od 0,2 do 0,5%, jeżeli uzyska się wymaganą sprawność hydrauliczną takiego ścieku.
- (20) Obliczenia hydrauliczne ścieków wykonuje się zgodnie z wytycznymi określonymi w WR-D-71-1 podrozdział 5.3.
- (21) Szerokość strugi wody płynącej ściekiem uwzględniana w obliczeniach hydraulicznych może przekraczać jego szerokość konstrukcyjną, utożsamianą z pojęciem szerokości ścieku jako wydzielonej części drogi. Dopuszczalne szerokości strug wody przy wlocie do wpustu ulicznego określa WR-D-71-1 podrozdział 5.3, z zastrzeżeniem, że przyjęta do obliczeń szerokość strugi wody znajduje się poza śladem kół pojazdów poruszających się po jezdni i nie występuje w obrębie przejść dla pieszych oraz przejazdów dla rowerów.

(22) Jeżeli nie jest możliwe wyróżnienie konstrukcyjnej szerokości ścieku, np. w przypadku ścieku przykrawężnikowego zwykłego o nawierzchni identycznej z nawierzchnią jezdni, to za konstrukcyjną szerokość ścieku, która nie jest częścią jezdni, przyjmuje się umownie połowę szerokości strugi wody uwzględnianej w obliczeniach hydraulicznych przy wlocie do wpustu deszczowego, lecz nie mniej niż 0,15 m.

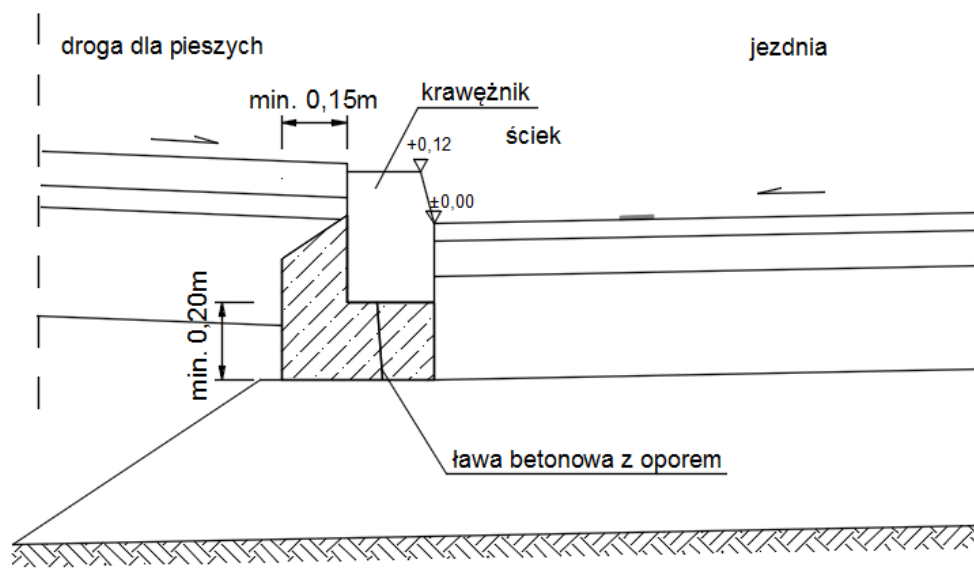
(23) Woda ze ścieków odprowadzana jest zwykle do wpustów deszczowych, które zaleca się umieszczać w obrębie szerokości konstrukcyjnej ścieku lub z odsunięciem od ścieku i jezdni, zgodnie z zasadami podanymi w podrozdziale 4.7.8. Możliwe jest kierowanie wody ze ścieków do muld, rowów lub urządzeń infiltracji rozproszonej.

Ścieki otwarte przykrawężnikowe

(24) Elementem konstrukcyjnym wszystkich ścieków przykrawężnikowych otwartych jest krawężnik, który należy posadzić na ławie betonowej z oporem.

(25) W krawężnikach stanowiących element ścieku przykrawężnikowego mogą być stosowane przerwy o szerokości nie większej niż 0,12 m w celu odprowadzenia wody ze ścieku na powierzchnię infiltracyjną.

(26) Ściek przykrawężnikowy zwykły jest najprostszym typem ścieku. Powstaje na styku umocnionej powierzchni przylegającej do jezdni lub fragmentu samej jezdni (rys. 4.6.4.2). Ściek taki ma identyczny spadek podłużny i poprzeczny jak jezdni.

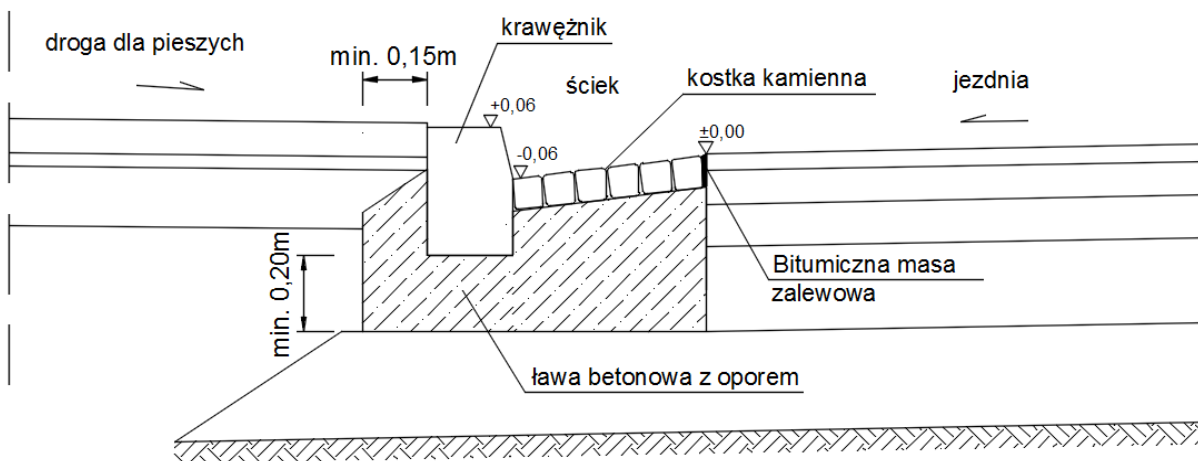


Rys. 4.6.4.2. Przykład konstrukcji ścieku przykrawężnikowego zwykłego

(27) Jeżeli ściek przykrawężnikowy zwykły ma konstrukcję umocnienia taką samą jak konstrukcja nawierzchni jezdni, to szerokość konstrukcyjna ścieku określana jest umownie zgodnie z zasadą podaną w akapicie (21). Jeżeli ściek jest wykonany z innego materiału niż nawierzchnia jezdni, to jego szerokość konstrukcyjną określa szerokość zastosowanego umocnienia i powinna ona wynosić od 0,15 do 0,50 m.

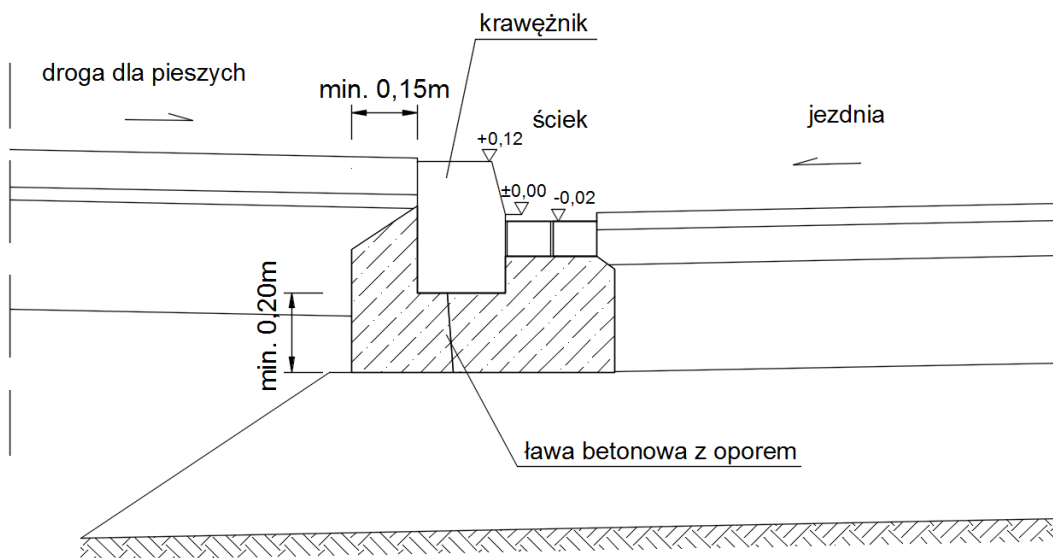
(28) Ściek przykrawężnikowy wydzielony trójkątny ma pochylenie poprzeczne większe od pochylenia poprzecznego jezdni, natomiast spadek podłużny ma identyczny jak jezdni, do której przylega (rys. 4.6.4.3).

(29) Szerokość konstrukcyjną ścieku wydzielonego trójkątnego określa szerokość zastosowanego umocnienia i powinna ona wynosić od 0,20 do 0,50 m, a pochylenie poprzeczne ścieku powinno wynosić od 10 do 15%, w zależności od użytego materiału na umocnienie i wymaganej sprawności hydraulicznej.



Rys. 4.6.4.3. Przykład konstrukcji ścieku przykrawężnikowego wydzielonego trójkątnego

(30) Ściek przykrawężnikowy wydzielony obniżony ma zwykle płaskie dno w przekroju poprzecznym, obniżone względem krawędzi jezdni o od 1,0 do 2,5 cm. Ściek ma konstrukcję umocnienia z innego materiału niż nawierzchnia jezdni (rys. 4.6.4.4).

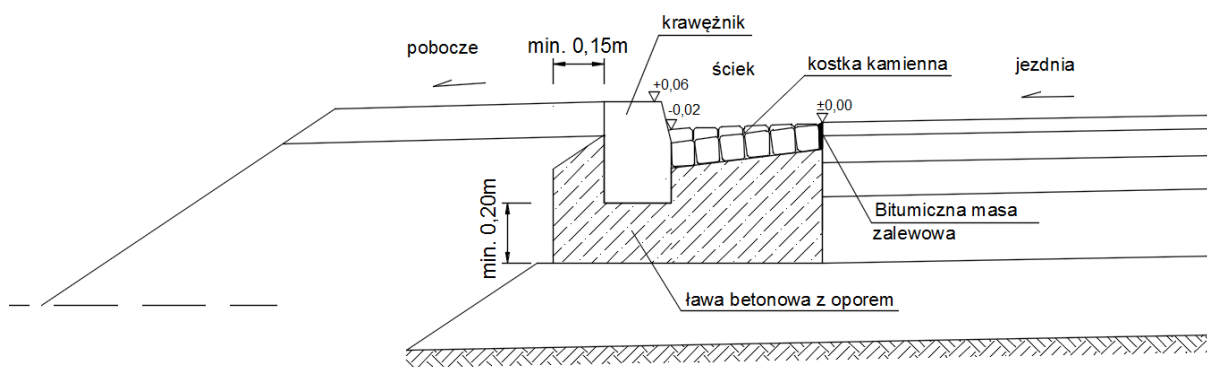


Rys. 4.6.4.4. Przykład konstrukcji ścieku przykrawężnikowego wydzielonego obniżonego

(31) Zalecana szerokość konstrukcyjna ścieku przykrawężnikowego obniżonego wynosi od 0,15 do 0,30 m, w zależności od rodzaju umocnienia ścieku.

(32) Dopuszcza się stosowanie przykrawężnikowych ścieków obniżonych z wbudowanymi prefabrykowanymi betonowymi korytkami o zagłębieniu nie przekraczającym 0,05 m.

(33) Jeżeli pochylenie podłużne jezdni jest mniejsze niż 0,5%, to sprawność hydrauliczną ścieku przykrawężnikowego można zwiększyć stosując ściek wydzielony pilasty (wahadłowy), który ma zmienne pochylenie poprzeczne, zwiększające się od wartości równej pochyleniu poprzecznemu w najwyższym punkcie ścieku do wartości największej w miejscu wpustu ulicznego. Wspólna krawędź między ściekiem i jezdnią nie zmienia się wysokościowo i ma pochylenie niwelety drogi (rys. 4.6.4.5).



Rys. 4.6.4.5. Przykładowy schemat konstrukcji ścieku przykrawężnikowego wydzielonego pilastego

(34) Zalecana szerokość konstrukcyjna ścieku przykrawężnikowego pilastego wynosi od 0,15 do 0,50 m, przy czym najczęściej przyjmuje się ją równą szerokości wpustu deszczowego. Pochylenie poprzeczne ścieku pilastego trójkątnego w miejscu wpustu deszczowego powinno być nie większe niż 15,0%. Wpust deszczowy zaleca się lokalizować jako przylegający do niższej krawędzi ścieku pilastego w tzw. zatoce wpustowej.

(35) Ściek pilasty może być wykonany również jako ściek wydzielony obniżony (prostokątny), w którym zmienia się jego głębokość pomiędzy wpustami deszczowymi, pod warunkiem, że nie przekroczy ona 0,05 m przy krawędzi jezdni.

(36) Zalecane zastosowanie wyróżnionych typów ścieku przykrawężnikowego określa tab. 4.6.4.1.

Tab. 4.6.4.1. Zalecane przypadki stosowania ścieków przykrawężnikowych na drogach zamiejskich i ulicach

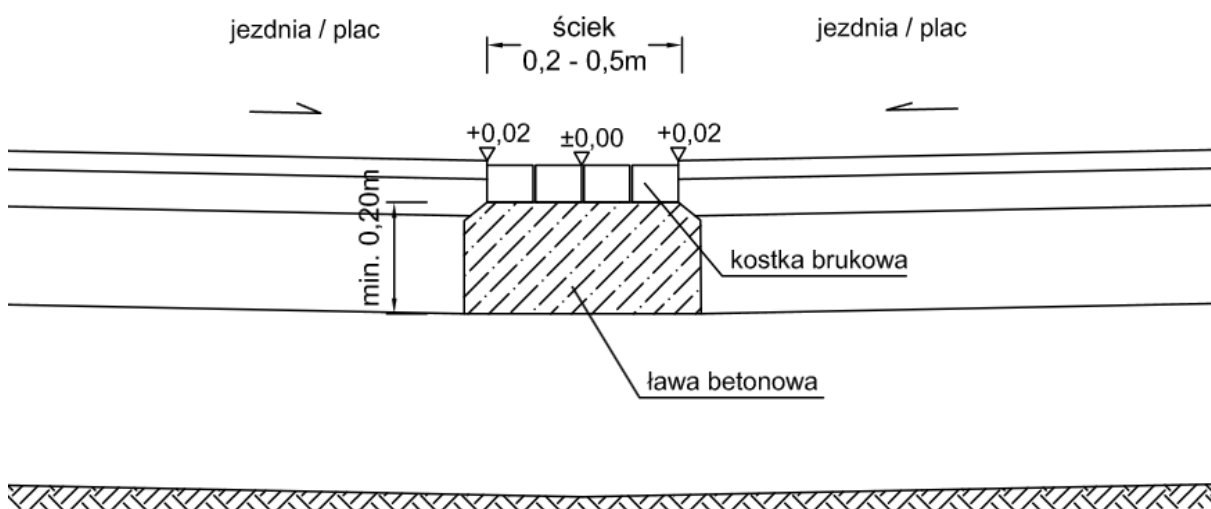
Typ ścieku	Zalecenia i przeciwwskazania stosowania
<p>przykrawężnikowy zwykły</p>	<ul style="list-style-type: none"> drogi zamiejskie i ulice klasy L lub D, jeżeli zapewniona jest wymagana sprawność hydrauliczna ścieku związana z rozstawem wpustów ulicznych bez przekraczania dopuszczalnej szerokości strugi wody
<p>przykrawężnikowy wydzielony – trójkątny</p>	<ul style="list-style-type: none"> ulice klasy G, Z, L lub D, jeżeli potrzeba zastosowania takiego ścieku wynika z wymagań sprawności hydraulicznej, gdyż ten typ ścieku charakteryzuje się bardzo dobrą sprawnością niekorzystny w obrębie zjazdów nie powinien być stosowany w obrębie przejść dla pieszych i przejazdów dla rowerów
<p>przykrawężnikowy wydzielony obniżony</p>	<ul style="list-style-type: none"> rozwiązanie standardowe przykrawężnikowego ścieku wydzielonego stosowanie w obrębie przejść dla pieszych jest możliwe przy wyniesieniu krawężnika ponad dno ścieku nie większe niż 0,03 m, a w obrębie przejazdu dla rowerów przy wyniesieniu krawężnika ponad dno ścieku nie większe niż 0,01 m
<p>przykrawężnikowy wydzielony pilasty</p>	<ul style="list-style-type: none"> na odcinkach dróg zamiejskich i ulic o pochyleniu podłużnym mniejszym niż 0,5% jeżeli wynika to z wymagań sprawności hydraulicznej w trudnych warunkach, która jest zwiększana konstrukcją ścieku niekorzystny w obrębie zjazdów nie powinien być stosowany w obrębie przejść dla pieszych i przejazdów dla rowerów

Ścieki otwarte dwuskrzydłowe

(37) Ściek płaski trójkątny tworzą dwie stykające się umocnione powierzchnie o przeciwnym spadku przeznaczone do ruchu, np. na styku jezdni i zatoki postojowej lub w obrębie placów. Ściek może mieć konstrukcję umocnienia z materiału takiego samego jak tworzące go powierzchnie umocnione lub może być wykonany z innego materiału. Miejsce styku umocnionych powierzchni ścieku wymaga uszczelnienia.

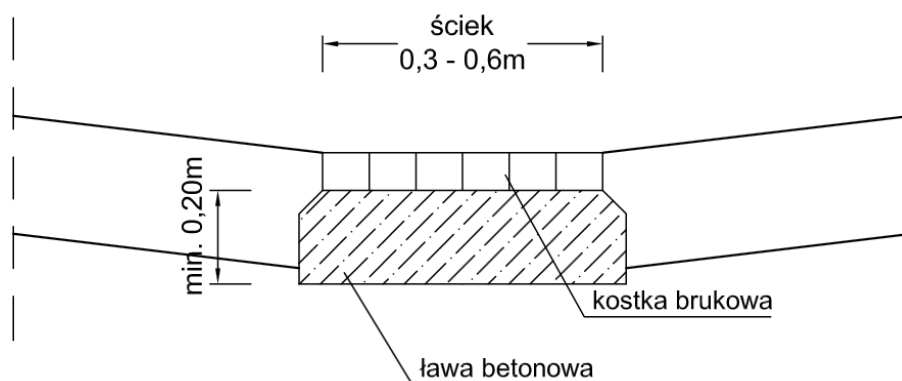
(38) Szerokość ścieku płaskiego trójkątnego zależy od odległości pomiędzy wpustami deszczowymi powinna być nie mniejsza niż 0,50 m.

(39) Ściek płaski obniżony jest modyfikacją ścieku płaskiego trójkątnego z wykonanym poziomym obniżeniem w stosunku do sąsiadujących nawierzchni o od 0,01 do 0,02 m (rys. 4.6.4.6). Szerokość obniżenia wynosi od ok. 0,20 do 0,50 m, w zależności od rodzaju umocnienia tego obniżenia, szerokości wpustów deszczowych oraz lokalizacji ścieku, tj. występowania ruchu pieszych w poprzek ścieku.



Rys. 4.6.4.6. Przykład konstrukcji ścieku płaskiego obniżonego

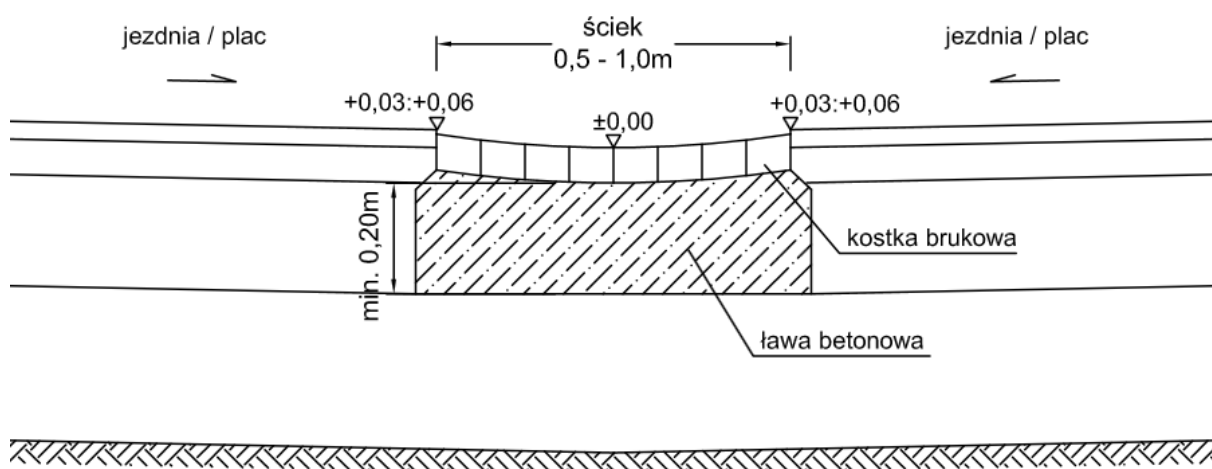
(40) Ściek płaski trapezowy jest modyfikacją ścieku płaskiego trójkątnego w formie pokazanej na rys. 4.6.4.7.



Rys. 4.6.4.7. Przykład konstrukcji ścieku płaskiego trapezowego

(41) Ściek płaski prostokątny jest modyfikacją ścieku płaskiego obniżonego, polegającą na takim dobraniu szerokości obniżenia, aby cała struga wody mieściła się w dobranym przekroju prostokątnym. Obniżenie w stosunku do sąsiadujących nawierzchni wynosi od 0,02 do 0,03 m, a jego szerokość od ok. 0,50 do 0,80 m.






(42) Ściek muldowy umieszcza się zwykle pomiędzy różnymi powierzchniami przeznaczonymi do ruchu lub postoju pojazdów i dlatego jego konstrukcja powinna umożliwiać przejazdy przez ten ściek. Szerokość ścieku wynosi od 0,5 do 1,0 m, a głębokość powinna wynosić co najmniej 0,03 m i nie więcej niż 1/15 jego szerokości (rys. 4.6.4.8).



Rys. 4.6.4.8. Przykład konstrukcji ścieku muldowego

(43) Zalecane zastosowanie wyróżnionych typów ścieku dwuskrzydłowego określa tab. 4.6.4.2.

Tab. 4.6.4.2. Zalecane przypadki stosowania ścieków dwuskrzydłowych na drogach zamiejskich i ulicach

Typ ścieku	Zalecenia i przeciwwskazania stosowania
<p> płaski trójkątny</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • na połączeniu jezdni i placu lub połączeniu jezdni ze stanowiskami postojowymi • w obrębie placów • nie powinien być stosowany w miejscach występowania ruchu pieszych i rowerów, jeżeli bezpośrednio przed tymi miejscami woda nie jest przejmowana przez wpusty uliczne • nie powinien być stosowany w przypadku pochylenia < 0,5%
<p> płaski obniżony</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • na połączeniu jezdni i placu, połączeniu jezdni ze stanowiskami postojowymi lub z zatokami przystankowymi • w obrębie placów • nie powinien być stosowany w miejscach występowania ruchu pieszych i rowerów, jeżeli jego głębokość jest większa od 0,03 m i bezpośrednio przed tymi miejscami woda nie jest przejmowana przez wpusty uliczne
<p> płaski trapezowy</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • w sytuacjach jeżeli wymagany jest ściek przejezdny o dobrej sprawności hydraulicznej • w obrębie placów • na parkingach • w strefach uspokojenia ruchu
<p> płaski prostokątny</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • na połączeniu jezdni i placu, połączeniu jezdni ze stanowiskami postojowymi lub z zatokami przystankowymi • w obrębie placów • nie powinien być stosowany w miejscach występowania ruchu pieszych i rowerów
<p> muldowy</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • w pasach rozdziálu między jezdniami • jako rozdzielenie stref o różnym charakterze ruchu • w obrębie placów • na parkingach • w strefach uspokojenia ruchu • nie powinien być stosowany w miejscach występowania ruchu pieszych i rowerów

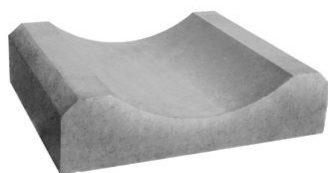
Ścieki otwarte drogowe

(44) Ścieki otwarte drogowe są elementami odwodnienia zlokalizowanymi przy krawędzi jezdni, pobocza, opaski wewnętrznej lub innej powierzchni przeznaczonej do ruchu i służą przejściu wód opadowych oraz roztopowych z tych powierzchni oraz wód doptywających z przyległego terenu.

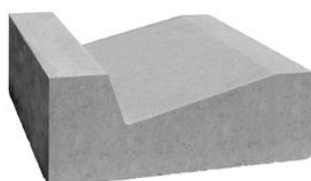
(45) Głębokość ścieku drogowego powinna nie przekraczać 0,08 m, jeżeli przylega bezpośrednio do jezdni lub pasa awaryjnego, a w pozostałych przypadkach 0,10 m. Szerokość ścieku drogowego wynosi zwykle od 0,40 do 0,60 m.

(46) Ścieki trójkątne i ścieki korytkowe powinny znajdować się poza jezdnią na drogach wszystkich klas. Mogą one przylegać do części pobocza o nawierzchni twardej (pasa awaryjnego, opaski zewnętrznej) lub opaski wewnętrznej, a bezpośrednio do jezdni, jeżeli te części drogi nie występują. Przykłady prefabrykatów, z których mogą być wykonywane ścieki i umocnienia rowów przedstawia rys. 4.6.4.9, a przykłady zastosowania ścieków prefabrykowanych przedstawia rys. 4.6.4.10.

a) ściek muldowy



b) ściek trójkątny

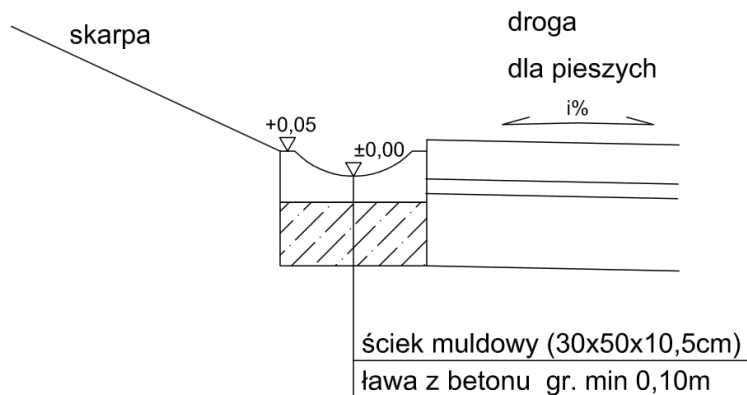


c) ściek trapezowy

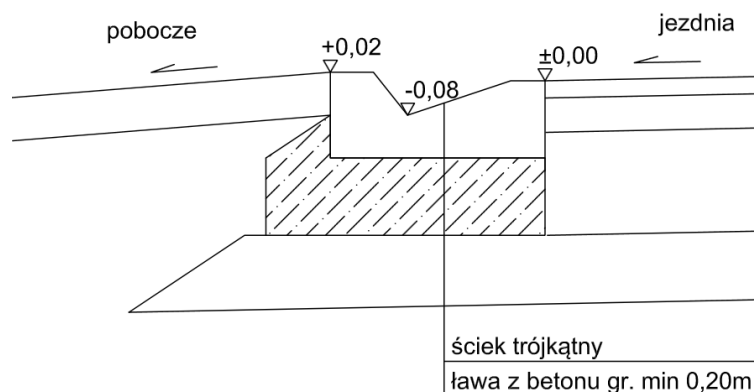


Rys. 4.6.4.9. Przykładowe elementy prefabrykowane do wykonywania ścieków drogowych korytkowych i trójkątnych oraz do umocnienia dna rowu

a) zastosowanie ścieku do przejścia wody spływającej z otoczenia drogi



b) zastosowanie ścieku do przejścia wody z jezdni i ochrony skarpy nasypu



Rys. 4.6.4.10. Przykłady ścieków drogowych i ich zastosowania (1 z 2)

(49) Ścieków drogowych nie stosuje się w miejscach przekraczania drogi przez pieszych lub rowery. W sytuacjach koniecznych w takich miejscach zaleca się stosowanie ścieków o głębokości nie przekraczającej 0,03 m i szerokości strugi wody mniejszej niż 0,30 m.

Ścieki zamknięte

(50) Ścieki zamknięte skrzynkowe są urządzeniem odwodnienia liniowego, którego podstawowym elementem są korytka i ruszty kratowe. Szerokość korytka odprowadzającego wodę powinna być nie mniejsza niż 0,10 m a głębokość nie mniejsza niż 0,06 m.

(51) Ścieki zamknięte szczelinowe stosuje się tylko w szczególnych przypadkach, z uwagi na trudny dostęp do wnętrza w celu przeczyszczczenia i udrożnienia. Ścieki szczelinowe mają wewnątrz zwykle przekrój kołowy lub owalny. Minimalna średnica wewnętrzna wynosi 0,10 m.

(52) Na odcinkach o niedostatecznym spadku podłużnym możliwe jest stosowanie ścieku szczelinowego z wyprofilowanym krawężnikiem o wysokości nie mniejszej niż 0,06 m.

(53) Ścieki zamknięte wbudowuje się prostopadle lub ukośnie do kierunku spływającej wody. Ścieki te nadają się do odwodnienia szczególnie w przypadku konieczności przerwania ciągłości strugi wody, np. na placach, zjazdach, wlotach skrzyżowań. Ścieków szczelinowych nie stosuje się w przypadku występowania ruchu rowerów.

(54) Jeżeli ścieki zamknięte są projektowane jako przejezdne, to muszą odpowiadać przewidywanym dla danej powierzchni wymaganiom statycznym i dynamicznym. Zaleca się przyjmować systemy ścieków zamkniętych na podstawie klasy obciążenia, zgodnie z tab. 4.6.4.3, oraz innych czynników mających wpływ na ściek i jego ruszt w miejscu zastosowania, a w szczególności: obciążenia dynamiczne, hamowanie, przyspieszanie, skręcanie, sól odladzająca.

Tab. 4.6.4.3. Zalecane klasy obciążenia ścieków zamkniętych [9]

Miejsce zastosowania ścieku	Klasa obciążenia
Powierzchnie, po których odbywa się wyłącznie ruch pieszych i rowerów	klasa A – 15 kN
Drogi i powierzchnie dla pieszych oraz parkingi dla samochodów osobowych	klasa B – 125 kN
Strefy przykrawężnikowe dróg, dróg dla pieszych i poboczy, ruch lekkich samochodów ciężarowych, dostawczych	klasa C – 250 kN
Jezdnie dróg, parkingi, w tym ze stanowiskami dla pojazdów ciężarowych	klasa D – 400 kN
Miejsca o szczególnych wymaganiach, w tym występowanie ruchu pojazdów ciężarowych o dużym natężeniu i dużych naciskach na oś	klasa E – 600 kN

4.7. Odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z urządzeń do odwodnienia powierzchniowego

4.7.1. Wymagania ogólne

(1) W czasie projektowania, budowy i eksploatacji dróg wraz z systemem odprowadzania wód ze zlewni, uwzględnia się czynniki przedstawione na rys. 4.7.1.1.

Czynniki wpływające na odprowadzenie wód ze zlewni:

- sposób zagospodarowania przestrzennego zlewni
- charakter i stopień zagrożenia zanieczyszczeniami zlewni
- naturalne warunki przestrzenne i przyrodnicze zlewni
- wrażliwość odbiorników
- miejscowe warunki lokalizacyjne
- możliwości techniczne
- uwarunkowania eksploatacyjne
- lokalne uwarunkowania klimatyczne, zwłaszcza opadowe

Rys. 4.7.1.1. Czynniki wpływające na sposób odprowadzania wód opadowych lub roztopowych ze zlewni drogowej

(2) Na obszarach ochrony wód podziemnych nie stosuje się systemu odwodnienia, który nie zapewnia szczelności. Na terenach zalewowych mogą także występować lokalne obostrzenia dotyczące systemów odwodnienia.

(3) Podział odbiorników w zależności od wrażliwości środowiska na zanieczyszczenia określa tab. 4.7.1.1.

Tab. 4.7.1.1. Odbiorniki wód powierzchniowych w zależności od wrażliwości na zanieczyszczenia związane z odwodnieniem powierzchniowym pasa drogowego [21]

Obszary bardzo wrażliwe	<ul style="list-style-type: none"> • strefy ochrony pośredniej ujęć wód i obszary źródliskowe • siedliska i akweny hodowlane ryb łososiowatych • obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych (czas migracji poniżej 5 lat) • jeziora, stawy o powierzchni do 50 ha i zbiorniki o charakterze eutroficznym • małe rzeki i potoki (SNQ – średni, niski przepływ, poniżej 1,5 m³/s) • obszary o dużej wodoprzepuszczalności gruntów (współczynnik filtracji $k > 10^{-3}$ m/s) i płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej o znaczeniu gospodarczym • obszary objęte prawną formą ochrony przyrody, których istnienie uzależnione jest od właściwych stosunków gruntowo-wodnych (doliny rzeczne, zbiorniki wodne itp.)¹⁾
Obszary średnio wrażliwe	<ul style="list-style-type: none"> • siedliska i akweny hodowlane ryb karpiowatych • obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych (czas migracji 5-25 lat) • jeziora, stawy o powierzchni od 50 do 100 ha • rzeki i potoki o SNQ wynoszącym od 1,5 do 5,0 m³/s • obszary o średniej wodoprzepuszczalności gruntów (współczynnik filtracji k wynoszący od 10^{-5} do 10^{-3} m/s) i płytkiego zalegania zwierciadła wody gruntowej o znaczeniu gospodarczym • wody wykorzystywane na cele rekreacyjne • tereny podmokłe z rozwiniętą siecią hydrograficzną
Obszary mało wrażliwe	<ul style="list-style-type: none"> • pozostałe wody powierzchniowe i grunty

¹⁾ w zależności od wrażliwości na zanieczyszczenia może należeć do obszarów bardzo wrażliwych lub średnio wrażliwych

(4) Wybór systemu oczyszczania zanieczyszczonych wód opadowych lub roztopowych poprzedza się analizą warunków środowiskowych, które pozwolą na określenie wrażliwości danego obszaru.

(5) W przypadku obszarów objętych prawną formą ochrony przyrody, których istnienie uzależnione jest od właściwych stosunków gruntowo-wodnych wykonuje się analizę i dokonuje się hierarchizacji zagrożeń. Analizy powinny zawierać:

- a) oszacowanie wielkości zanieczyszczeń substancjami zawartymi w sptywie opadowym,
- b) określenie zachwiania stosunków wodnych warunkujących bytowanie gatunków występujących na konkretnym obszarze chronionym.

(6) W rozdziale 7 podano przykłady systemów oczyszczania wód opadowych z dróg w zależności od lokalizacji odbiorników w obszarach o różnym stopniu wrażliwości na oddziaływania związane z odwodnieniem pasa drogowego.

4.7.2. Wymagania dotyczące jakości wód opadowych lub roztopowych

(1) Katalog substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunki, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub urządzeń wodnych określa rozporządzenie [3]. Zgodnie z nim, wody opadowe lub roztopowe, ujęte w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacyjne, pochodzące z zanieczyszczonej powierzchni szczelnej dróg zaliczanych do kategorii dróg krajowych, wojewódzkich lub powiatowych klasy G, a także parkingów o powierzchni powyżej 0,1 ha, w ilości, jaka powstaje z opadów o natężeniu co najmniej 15 l na sekundę na 1 ha, mogą być odprowadzane do wód lub urządzeń wodnych (z wyjątkiem bezpośredniego odprowadzania do wód podziemnych), o ile nie zawierają substancji zanieczyszczających w ilościach przekraczających 100 mg/l zawiesiny ogólnej oraz 15 mg/l węglowodorów ropopochodnych.

(2) Metody obliczania ilości zawiesin w spływach nieoczyszczonych z dróg określa norma [5]. W wielu przypadkach normowa metoda obliczeniowa prowadzi do zawyżenia prognoz stężeń zawiesin w spływach nieoczyszczonych. Efekt ten wiąże się głównie z postępowaniem technicznym, jaki nastąpił od okresu wykonania badań stanowiących podstawę do wypracowania stosowanej w normie metodyki, w tym z poprawą jakości dróg, pojazdów, paliwa itp. Dlatego zaleca się stosowanie bardziej precyzyjnych metod obliczeniowych, opartych np. na modelowaniu matematycznym [21].

(3) Jeżeli ze względu na ukształtowanie terenu do systemu odwodnienia drogi ciężą część wód opadowych z niezanieczyszczonych terenów przyległych (np. skarpy rowów trawiastych, pasy zieleni itp.), to w bilansie jakościowym wód opadowych odpływających z systemu odwodnienia danej drogi zaleca się je potraktować jako wody umownie czyste (zawartość zanieczyszczeń nie przekracza stężeń dopuszczalnych).

(4) W przypadku obliczania zawiesin ogólnych na wylotach z systemów odwodnieniowych w obszarach zamiejskich i dla przekrojów dróg o jednej jezdni głównej z dwoma pasami ruchu z opaskami zewnętrznymi zaleca się zastosowanie wzoru (4.7.2.1) [21]:

$$S_{zo} = 0,718 \cdot Q^{0,529} \quad (4.7.2.1)$$

gdzie:

S_{zo} – stężenie zawiesiny ogólnej w wodach opadowych z drogi [mg/l],

Q – średni dobowy ruch roczny (SDRR) w zakresie od 1 000 do 17 500 pojazdów na dobę [poj./24h].

(5) W prognozach dla odcinków dróg zaleca się przyjmować stężenie węglowodorów ropopochodnych na poziomie poniżej wartości dopuszczalnej 15 mg/l. W przypadku występowania terenów i odbiorników o bardzo dużej wrażliwości, zgodnie z tab. 4.7.1.1, bez względu na prognozowaną wartość stężenia węglowodorów ropopochodnych zaleca się zastosowanie urządzeń zatrzymujących i podczyszczających węglowodory ropopochodne. Podwyższone stężenia węglowodorów ropopochodnych mogą być następstwem wypadków drogowych.

(6) W niektórych zlewniach mogą wystąpić szczególne uwarunkowania ochronne, surowsze od standardów określonych w rozporządzeniu [3], wprowadzone prawem lokalnym (np. przepisami o ustanowionych strefach ochronnych albo warunkami korzystania z wód dorzecza).

4.7.3. Urządzenia i ogólne wymagania dotyczące ich stosowania

(1) Wody opadowe i roztopowe gromadzone w urządzeniach do odwodnienia powierzchniowego są z tych urządzeń przejmowane i odprowadzane do odbiorników naturalnych przez:

- a) rowy odpływowe,
- b) systemy rozsączające w ramach infiltracji rozproszonej, tj. w miejscu wystąpienia opadu, obejmujące: wsiąkanie powierzchniowe, muldy i rowy infiltracyjne, studnie chłonne, skrzynki i komory chłonne,
- c) zbiorniki infiltracyjne,
- d) zbiorniki retencyjno-infiltracyjne,
- e) zbiorniki retencyjne,
- f) zbiorniki o specjalnym przeznaczeniu,
- g) kanalizację deszczową.

(2) Zalecanym sposobem odprowadzania wód opadowych lub roztopowych jest ich infiltracja do gruntu, o ile tylko pozwalają na to lokalne warunki gruntowo-wodne, terenowe i uwarunkowania środowiskowe. Ogólne wymagania w tym zakresie podano w WR-D-71-1 podrozdział 5.6.2.

(3) Infiltracja wód opadowych i roztopowych spływających ze zlewni drogowej następuje z wykorzystaniem:

- a) urządzeń infiltracji rozproszonej (rozproszone urządzenia o ograniczonej wydajności),
- b) urządzeń infiltracji zbiorczej w formie zbiorników infiltracyjnych i retencyjno-infiltracyjnych o dużych wydajnościach.

- (4) Urządzenia infiltracji rozproszonej stosuje się, jeżeli spełnione są następujące warunki:
- a) dostawcy i wykonawcy urządzeń potwierdzają ich przydatność do spełniania określonych zadań wynikających z miejsca lokalizacji i uwarunkowań ruchu pojazdów,
 - b) urządzenia są tak usytuowane i wyposażone, że w przypadku ich przeciążenia lub awarii nie powodują zalewania jezdni (cofania wody na jezdnię),
 - c) sprawne funkcjonowanie urządzeń zostało potwierdzone w praktyce, co dokumentują referencje lub inne opinie.

(5) Przesiákanie wód opadowych i roztopowych do wód gruntowych następuje przez wsiákanie przez warstwę gruntu porośniętą roślinnością. Może to być warstwa naturalnej gleby lub warstwa gruntu nadającego się do uprawy. Zaleca się aby grubość tej warstwy wynosiła od 0,20 do 0,30 m.

(6) Każdorazowo ocenia się potencjalne skutki przeciążenia urządzeń rozsączających wodę, będących efektem awarii technicznych lub wystąpienia opadów o natężeniu większym niż przyjęte do ich wymiarowania. Jeżeli w przypadku wystąpienia opadów o natężeniu większym niż przyjęte do projektowania urządzeń rozsączających (opady ponadnormatywne) nie można dopuścić do awaryjnego zalania miejsca w sąsiedztwie tych urządzeń, to zapewnia się przelew awaryjny z odprowadzeniem wody.

(7) Sposób odprowadzenia wód opadowych i roztopowych dobiera się tak, aby wody odprowadzane do odbiorników naturalnych z pasa drogowego i przyległego do niego terenu spełniały obowiązujące przepisy dotyczące jakości wód i stanu środowiska, określone w ustawie [2] oraz rozporządzeniach [3] i [4].

(8) Dopuszcza się stosowanie także innych niż wymienione w akapicie (1) urządzeń do odbierania wód opadowych i roztopowych z urządzeń do odwodnienia powierzchniowego, pod warunkiem spełnienia przez nie ogólnych wymagań określonych w akapitach od (2) do (7). Przykłady takich urządzeń zawarte są w [21], [23], [24], [25] i [26].

(9) Wybór urządzeń do odbierania wód opadowych i roztopowych związanych z infiltracją wody do gruntu powinien uwzględniać uwarunkowania zestawione schematycznie na rys. 4.7.3.1.

4.7.4. Rowy odpływowe

(1) Rów odpływowy do odbiornika naturalnego, zbiorników infiltracyjnych, retencyjnych i innych oraz studzienek kanalizacji deszczowej zaleca się wykonywać jako rów trapezowy:

- a) o szerokości dna wynoszącej nie mniej niż 0,50 m,
- b) o głębokości wynoszącej nie mniej niż 0,50 m,
- c) ze skarpami o pochyleniu wynoszącym nie więcej niż 1 : 1,5.

(2) Zaleca się, aby rów odpływowy miał przebieg prostoliniowy. Załamania trasy rowu (osi rowu) wykraża się łukami kołowymi o promieniu wynoszącym nie mniej niż 10,00 m.

(3) Spadek podłużny dna rowu odpływowego powinien być nie mniejszy niż 0,3%. Spadki dna rowu większe od 1,5% mogą wymagać umocnienia rowu zgodnie z zasadami podanymi w podrozdziale 4.6.2 akapit (8).



Rys. 4.7.3.1. Schemat analizy przy wyborze urządzeń do odbierania wód opadowych i roztopowych za pomocą infiltracji (na podstawie [25]).

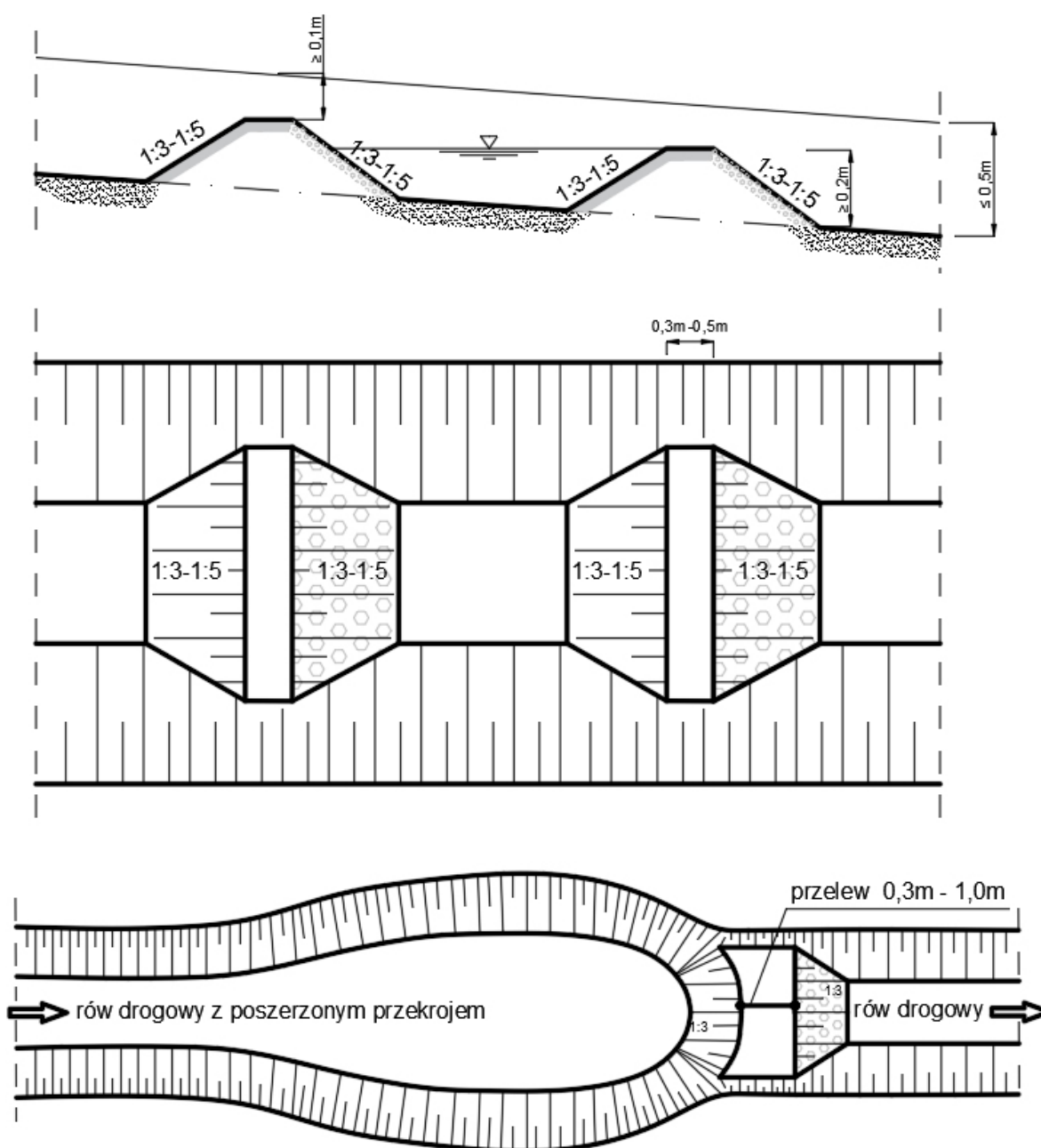
4.7.5. Rozproszone systemy rozsączające

Muldy i rowy infiltracyjne

(1) Muldy i rowy infiltracyjne różnią się od typowych muld i rowów tym, że ze względu na funkcje muszą zapewniać wystarczająco dużą objętość retencyjną do pośredniego gromadzenia wód opadowych i ich infiltracji. Objętość tą weryfikuje się obliczeniowo zgodnie z zasadami podanymi w WR-D-71-1 podrozdział 5.5.

(2) Przekrój poprzeczny muldy lub rowu infiltracyjnego powinien zapewniać możliwie jak największą powierzchnię do infiltracji wody przy niewielkim spadku podłużnym dna i ograniczonej głębokości wody do ok. 0,30 m.

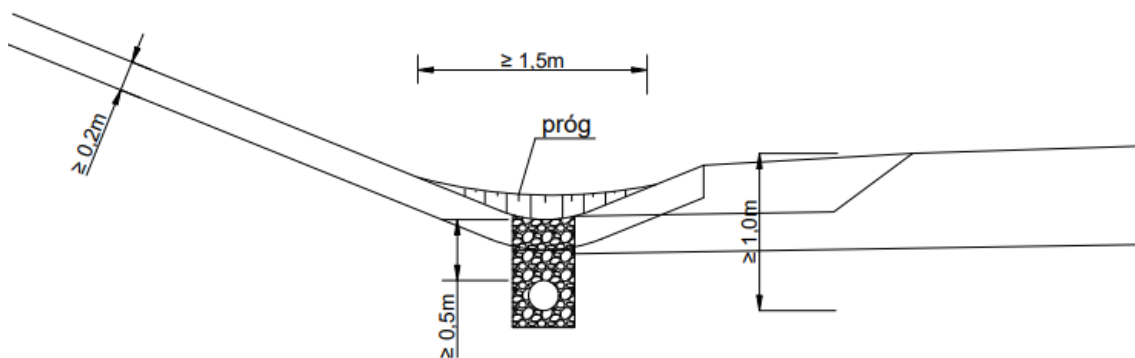
(3) Wymaganą objętość retencyjną uzyskuje się, wykonując poprzeczne przegrody w muldzie lub rowie powodujące spiętrzenie wody pomiędzy przegrodami o wzmocnionej konstrukcji (np. wzmocnienie palisadą) lub wykonując lokalne poszerzenie przekroju muldy (rys. 4.7.5.1). Spiętrzenie wody powinno wynosić co najmniej 0,20 m. Odległość pomiędzy przegrodami wynika m. in. z wymaganej objętości retencyjnej i zależy od pochylenia podłużnego dna.



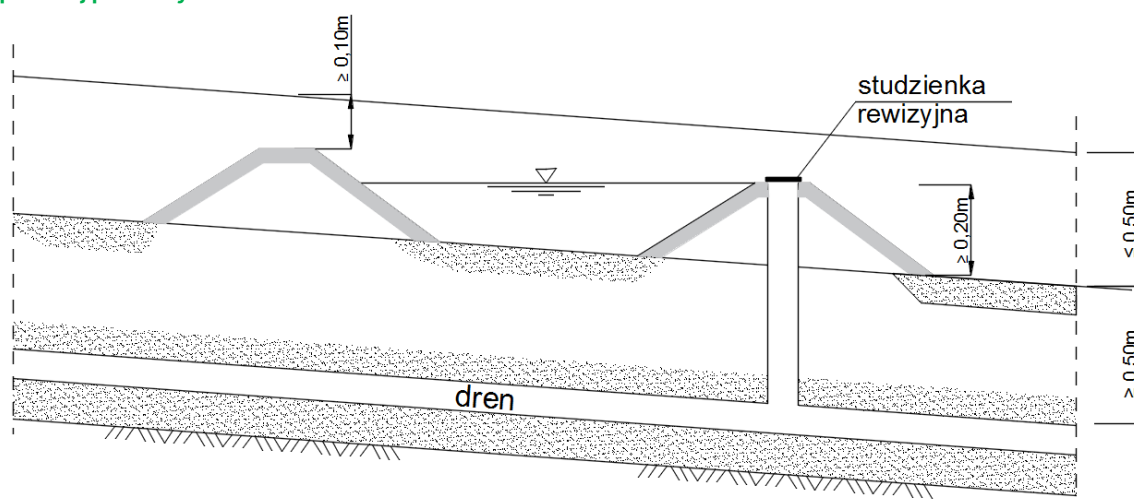
Rys. 4.7.5.1. Przykładowy schemat rowu infiltracyjnego z przegrodami spiętrzającymi wodę w celu poprawy warunków infiltracji (na podstawie [27]).

(4) Jeżeli podłoże gruntowe nie jest wystarczająco przepuszczalne lub ma cechy niejednorodności, co powoduje, że nie zachodzi pełna infiltracja wody do głębszych warstw gruntu, wówczas można zastosować muldę lub rów połączony z drenażem (rys. 4.7.5.2).

a) przekrój poprzeczny



b) przekrój podłużny



Rys. 4.7.5.2. Schemat muldy infiltracyjnej z przegrodami piętrzącymi połączonej z drenażem (na podstawie [27])

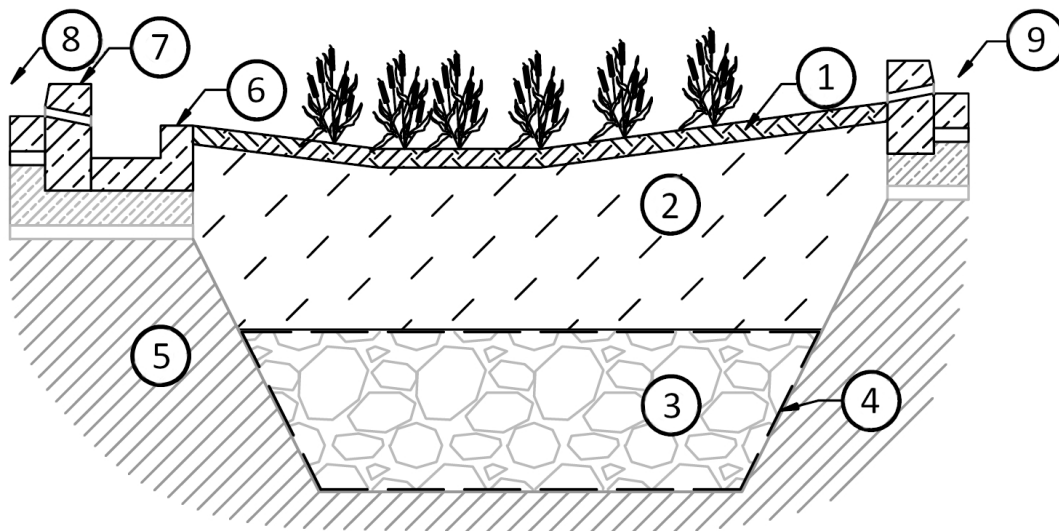
(5) Warstwa materiału filtracyjnego ułożonego nad drenem podłużnym zapewnia skuteczną redukcję zanieczyszczeń przesiąkającej wody, ale jej główną funkcją jest gromadzenie wody i ułatwianie jej infiltracji do gruntu oraz przepływu do rury drenażowej. Woda przesiąkająca nie powinna być kierowana w całości do rury drenażowej i dlatego zaleca się umieszczenie tej rury ok. 0,30 m nad dnem filtra.

(6) Zdolność infiltracyjną muldy i rowu z drenażem szacuje się na podstawie kombinacji wartości współczynnika infiltracji górnej części koryta i materiału filtracyjnego, który powinien mieć minimalną przepuszczalność $k_f = 10^{-5}$ m/s bezpośrednio po wbudowaniu, a w czasie eksploatacji przepuszczalność nie powinna przekraczać 10^{-4} m/s.

(7) Średnica rury drenażowej powinna być nie mniejsza niż 0,15 m i powinna zapewnić wymaganą przepustowość w odprowadzaniu wody, obliczaną zgodnie z zasadami podanymi w WR-D-71-1.

(8) W celu czyszczenia i kontroli drenażu stosuje się studzienki rewizyjne, które mogą pełnić także funkcje przelewów awaryjnych po ich wyposażeniu w kratki wlotowe. Odległości między studzienkami rewizyjnymi dostosowuje się do średnicy drenu i jego pochylecia, ale nie mogą być większe niż 100 m.

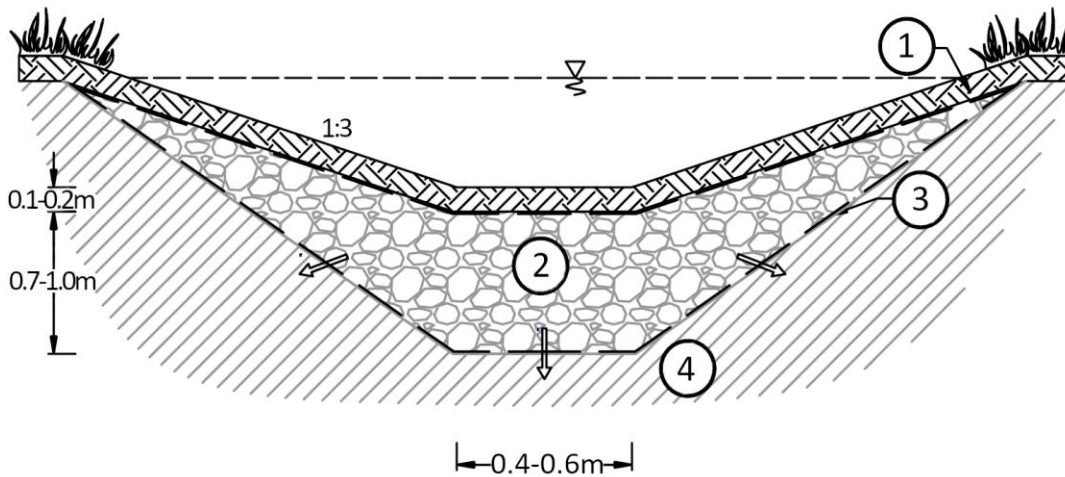
(9) Muldy i rowy infiltracyjne projektuje się także z częściowym wypełnieniem ich przekroju materiałem filtracyjnym, co zwiększa możliwości ich stosowania, szczególnie w warunkach miejskich (rys. 4.7.5.3 i 4.7.5.4). Wodę do muldy lub rowu doprowadza się przez system wpustów ulicznych lub bezpośrednio z dróg dla pieszych.



- | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|
| ① Kora | ② Wzbogacona gleba | ③ Kruszywo naturalne |
| ④ Geowłóknina | ⑤ Grunt rodzimy | ⑥ Koryto sedimentacyjne |
| ⑦ Krawężnik z wpustem | ⑧ Jezdnia | ⑨ Droga dla pieszych |

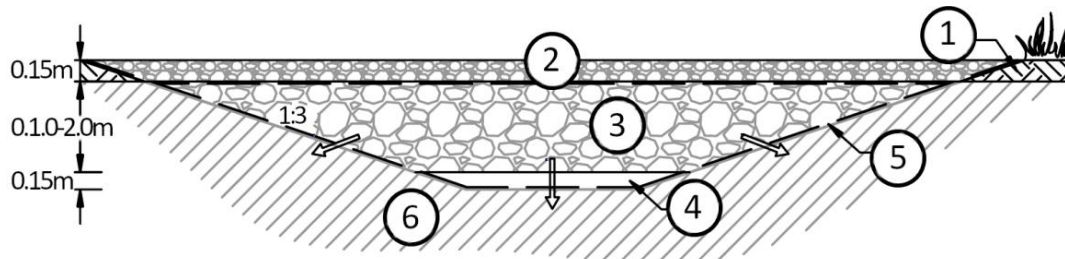
Rys. 4.7.5.3. Schemat muldy z częściowym wypełnieniem materiałem filtracyjnym [25]

a) wypełnienie częściowe



- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| ① Humus | ② Kruszywo naturalne niełamane 16/32 | ③ Geowłóknina |
| ④ Grunt rodzimy przepuszczalny | | |

b) wypełnienie całkowite



- | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ① Humus | ② Kruszywo naturalne niełamane 8/16 | ③ Kruszywo naturalne niełamane 16/32 |
| ④ Piasek średni | ⑤ Geowłóknina | ⑥ Grunt rodzimy przepuszczalny |

Rys. 4.7.5.4. Schematy rowów infiltracyjnych z częściowym i całkowitym wypełnieniem materiałem filtracyjnym [25]

(10) Szerokość muldy z wypełnieniem wynosi zwykle od 1,5 do 5,0 m. Dno muldy obniża się w stosunku do terenu o od 0,3 do 0,5 m. Zdolność retencyjna muldy zależy od miąższości ułożonych warstw oraz ich porowatości. Razem z powierzchnią wolną gromadzącą wodę rozwiązanie to może zwykle przyjąć do 450 l/m².

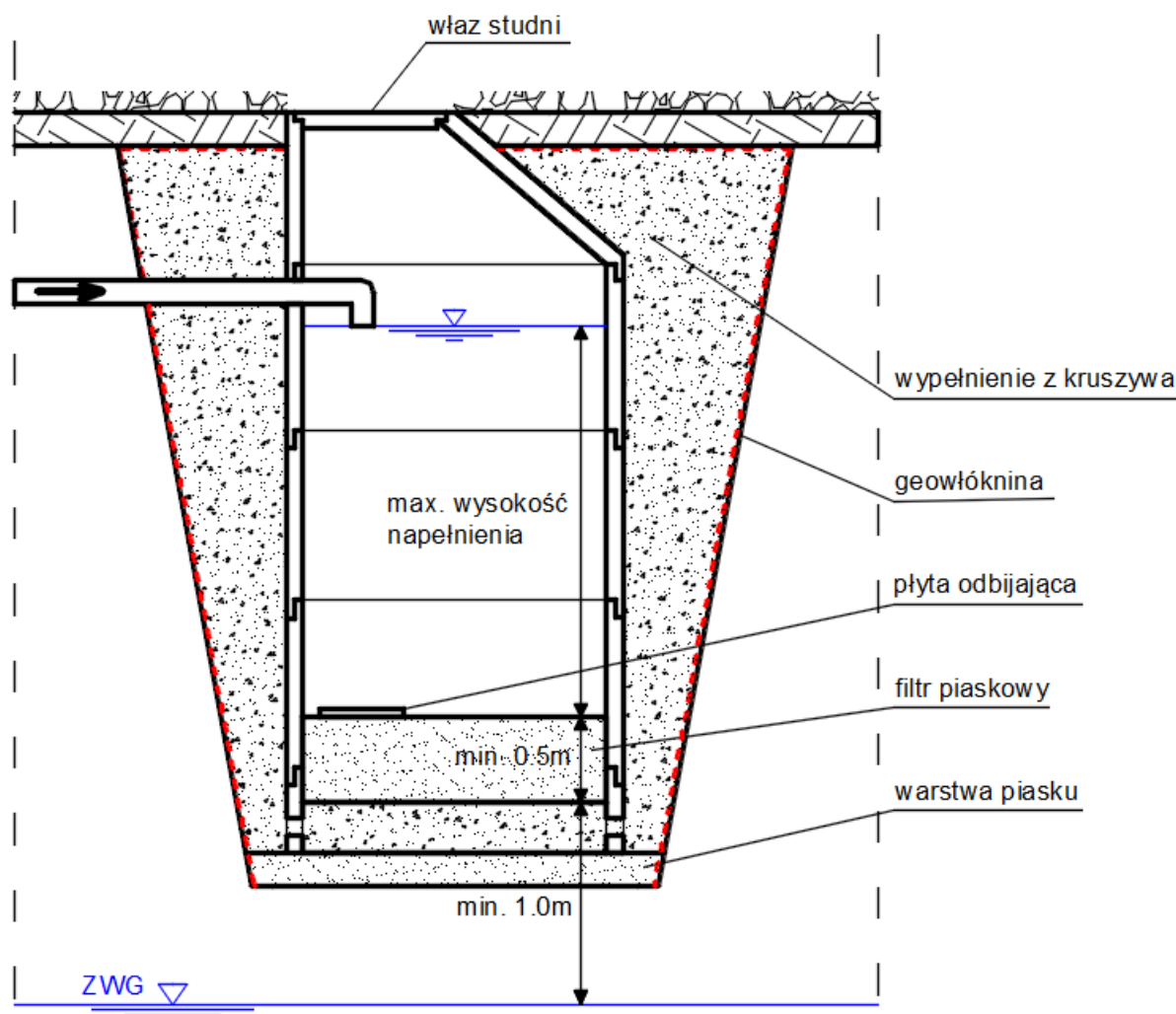
(11) Zaleca się, aby rów infiltracyjny przy częściowym wypełnieniu materiałem filtracyjnym miał dno o szerokości od 0,4 do 0,6 m, głębokość nie większą niż 0,5 m i pochylenie skarp 1 : 3, a miąższość warstwy materiału filtracyjnego wynosiła od 0,7 do 1,0 m. W przypadku rowu z całkowitym wypełnieniem materiałem filtracyjnym zalecana miąższość warstwy materiału filtracyjnego ułożonego na warstwie piasku gruboziarnistego wynosi od 1,0 do 2,0 m.

(12) Zdolność retencyjna rowu infiltracyjnego przy częściowym wypełnieniu materiałem filtracyjnym zależy od miąższości ułożonych warstw oraz ich porowatości. Razem z powierzchnią wolną gromadzącą wodę rozwiązanie to może zwykle przyjąć do 1000 l/m².

(13) Jeżeli podłoże gruntowe nie jest wystarczająco przepuszczalne, co powoduje, że w muldzie lub rowie z wypełnieniem materiałem filtracyjnym nie zachodzi pełna infiltracja wody do głębszych warstw gruntu, wówczas instaluje się system drenażowy i przelew awaryjny, zgodnie z zaleceniami opisywanymi w akapitach od (5) do (9).

Studnie chłonne

(14) Studnia chłonna służy do punktowej infiltracji wód opadowych do gruntu. Woda infiltruje głównie przez dno studni, bezpośrednio do gruntu (przy sprzyjających warunkach gruntowych) lub przez materiał filtracyjny umieszczony pionowo w kręgach betonowych lub wykonanych z innego materiału. Celem zwiększenia efektywności infiltracji można zastosować perforacje na ścianach bocznych dolnego pierścienia studni (rys. 4.7.5.5).



Rys. 4.7.5.5. Przykład schematu konstrukcji studni chłonnej

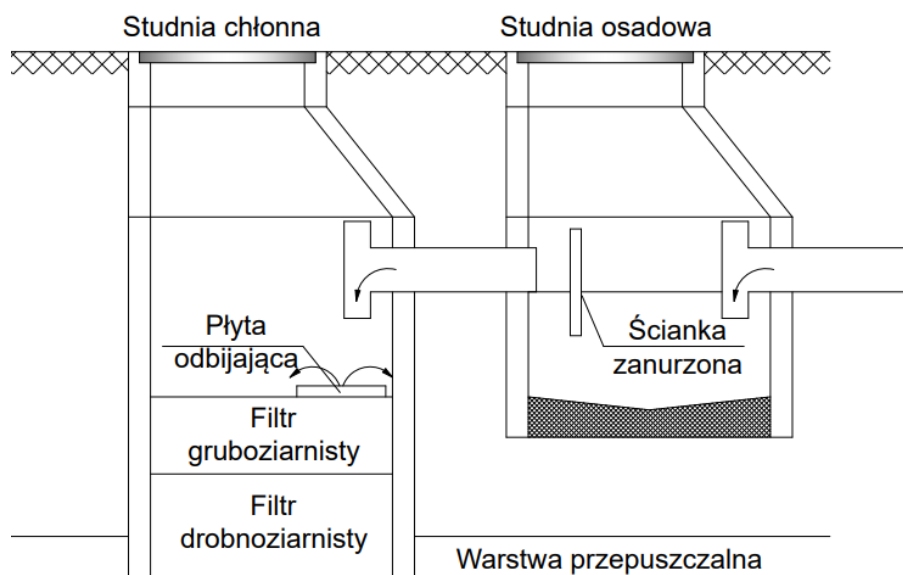
(15) Studnie chłonne wykorzystuje się do wprowadzania wód do naturalnych lub sztucznie utworzonych warstw gruntu przepuszczalnego, pod warunkiem spełniania ogólnych wymagań dotyczących jakości wód i stanu środowiska, określonych w rozporządzeniu [3].

(16) Studnie chłonne stosuje się przy dobrej i bardzo dobrej przepuszczalności podłoża ($k_f > 10^{-5}$ m/s) i przy głębokim zaleganiu zwierciadła wód gruntowych, tak aby minimalna odległość od dolnej krawędzi studni do wód gruntowych była większa niż 1,5 m. Studnie chłonne stosuje się na płaskich terenach, gdy nie ma miejsca na zastosowanie innych rozwiązań, przy braku odbiorników wód opadowych lub gdy budowa sieci kanalizacyjnej nie jest możliwa lub ekonomicznie uzasadniona.

(17) Niezbędną objętość studni chłonnej oblicza się zgodnie z zasadami podanymi w WR-D-71-1 podrozdział 5.5. Ze względów praktycznych zaleca się, aby obciążenie studni chłonnej o zwykle spotykanych wymiarach (średnica 1,0 m, głębokość 2,0 m) nie przekraczało 1,0 m³/dobę.

(18) W celu zabezpieczenia przed kolmatacją studni chłonnych zaleca się stosowanie worków filtracyjnych z geowłókniny. Worki stosuje się w przypadku studni, które nie są całkowicie wypełnione materiałem filtracyjnym. Podczas konserwacji wymienia się je na nowe lub płucze strumieniem wody. Worki te zatrzymują zawiesiny i inne zanieczyszczenia stałe.

(19) Zaleca się, aby w sytuacjach występowania zanieczyszczeń wód powierzchniowych były one przed wprowadzeniem do studni chłonnej podczyszczane przez zastosowanie osadnika (rys. 4.7.5.6).



Rys. 4.7.5.6. Schemat studni chłonnej z osadnikiem [22]

(20) Możliwe jest zastosowanie studni chłonnych z pełnym/szczelnym dnem, gdzie infiltracja odbywa się jedynie przez ściany boczne. Przepustowość infiltracji takiego rozwiązania jest mniejsza od rozwiązania bez szczelnego dna. Dolna część studni stanowi osadnik, co umożliwia wprowadzenie wód powierzchniowych bezpośrednio do studni.

(21) W studniach chłonnych bez osadnika przed wlotem do studni zaleca się zabezpieczenie warstw infiltracyjnych w studni podwieszonym workiem z geowłókniny.

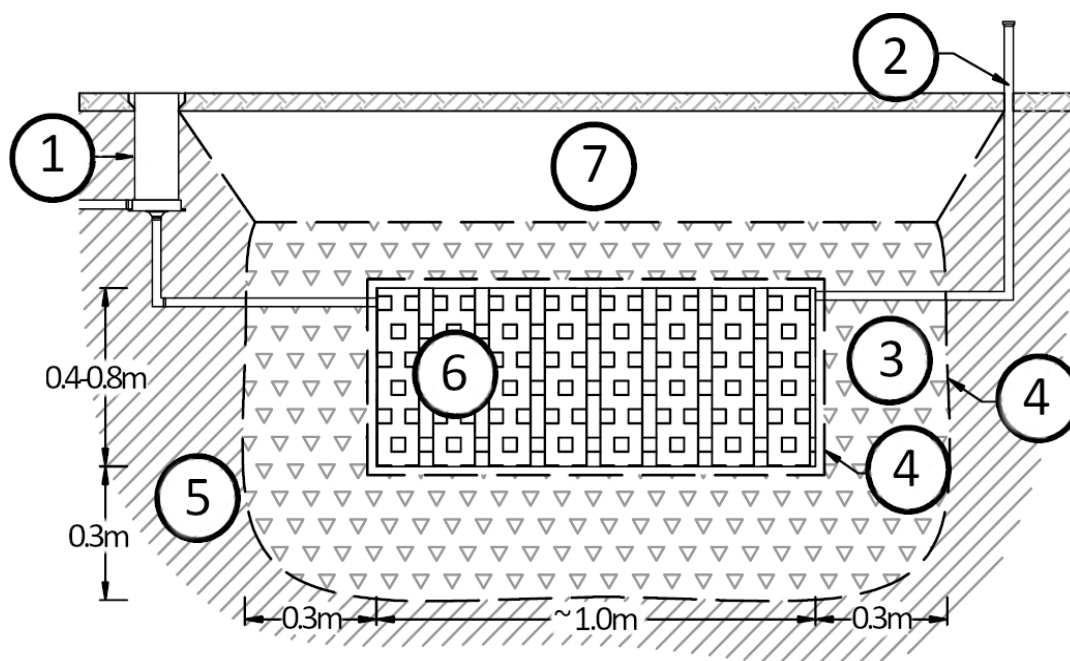
Skrzynki i komory retencyjno-rozsączające

(22) Skrzynki retencyjno-rozsączające to urządzenia służące do podziemnej retencji i infiltracji wód opadowych. Są gotowym produktem dostarczonym zwykle w formie prostopadłościennych struktur o ażurowych ścianach wykonanych z tworzyw sztucznych.

(23) Skrzynki retencyjno-rozsączające zaleca się stosować w odwadnianiu placów, parkingów oraz ulic klasy D, jeżeli warunki gruntowe umożliwiają infiltrację wody zapewniającą uzyskanie wymaganej wydajności odbioru wody. Najbardziej odpowiednim rodzajem gruntu do umieszczenia w nim skrzynek są grunty o współczynniku infiltracji k_f od 10^{-3} do 10^{-4} m/s.

(24) Skrzynki retencyjno-rozsączające mają modułową konstrukcję i można je łączyć szeregowo, równolegle bądź w układy warstwowe, uzyskując potrzebne objętości. W systemie infiltracji rozproszonej wykorzystuje się zwykle zbiorniki, które po połączeniu skrzynek osiągają objętość od 2,0 do 5,0 m³.

(25) Skrzynki tworzące zbiornik retencyjno-infiltracyjny umieszczone są w wykopie, w którym wykonana została warstwa o wysokim współczynniku filtracji (tłuczeń, żwir, grys). Na konstrukcje skrzynek nakładana jest warstwa geowłókniny pełniącej funkcję izolacyjną i zabezpieczającej przed przedostawaniem się do skrzynek cząstek z otaczającego gruntu. Skrzynki są przykryte warstwą gruntu zagęszczonego do stopnia umożliwiającego użytkowe wykorzystanie terenu ponad przykryciem (rys. 4.7.5.7).



- | | | |
|-------------------------|-----------------|---|
| ① Studzienka osadnikowa | ② Wywietrznik | ③ Obsypka kruszywem naturalnym niełamanym |
| ④ Geowłóknina | ⑤ Grunt rodzimy | ⑥ Skrzynka retencyjno-rozsączająca |
| ⑦ Zасыпка piaskowa | | |

Rys. 4.7.5.7. Przykład schematu przekroju podziemnego zbiornika retencyjno-infiltracyjnego zbudowanego ze skrzynek o ażurowej strukturze [25]

(26) Szczegółowe warunki wykonania obsypki oraz konstrukcji przykrycia skrzynek, w zależności od sposobu użytkowania powierzchni ponad nimi, w tym dopuszczenie ruchu pojazdów (np. parking ponad zbiornikiem), określa dostawca skrzynek. Do obsypki zaleca się używać kruszywo grube niełamane (np. 4/16 lub 8/32).

(27) Minimalna odległość dna skrzynki od poziomu zwierciadła wody gruntowej powinna być nie mniejsza niż 1,0 m (jeżeli umożliwiają to uwarunkowania terenowe, zaleca się 1,5 m).

(28) Układ skrzynek retencyjno-rozsączających poprzedza się systemem podczyszczającym. Przed dopływem do skrzynek rozsączających stosuje się studzienkę osadnikową z filtrem (w razie potrzeby osadnik, względnie także separator), a moduł skrzynek rozsączających należy odpowietrzyć po przeciwnej stronie dopływu wód deszczowych za pomocą rury wywiewnej.

(29) Zalecane jest wykonanie w układzie skrzynek co najmniej jednej studzienki inspekcyjnej w celu dokonania okresowej oceny funkcjonowania układu. Studzienki inspekcyjne służą również do usuwania nagromadzonych osadów oraz do wentylacji systemu.

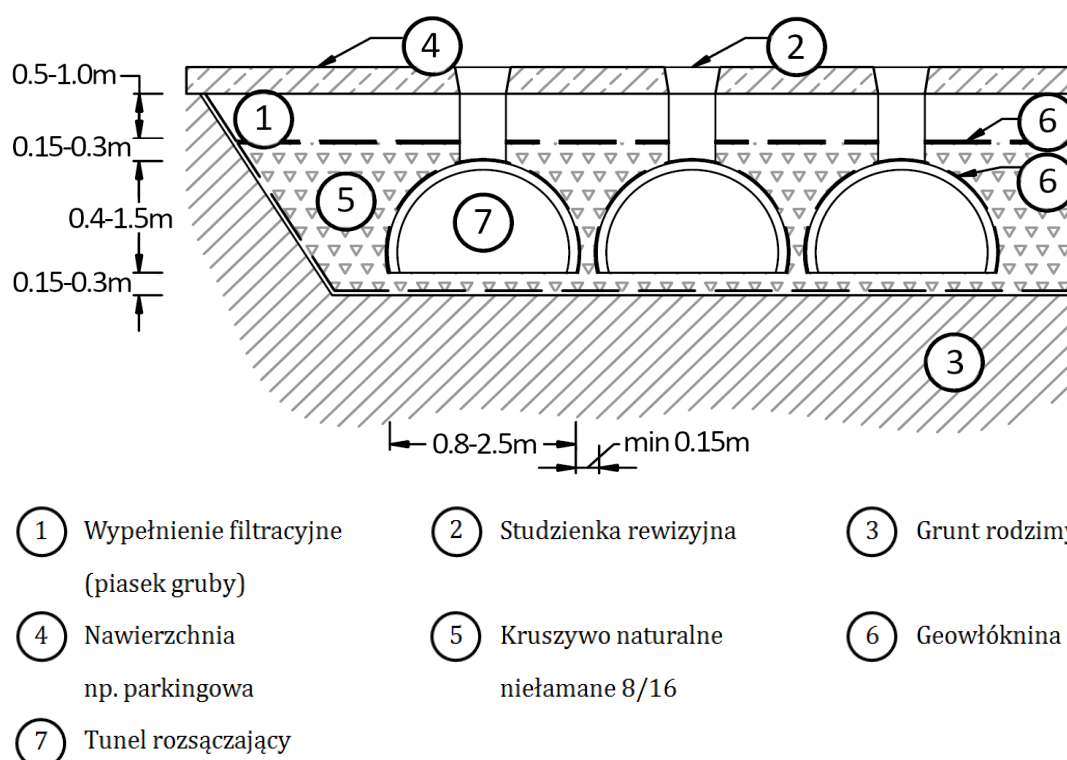
(30) Zwiększenie nasycenia gruntu wodą w otoczeniu skrzynek retencyjno-infiltracyjnych nie powinno negatywnie wpływać na nośność podłoża gruntowego, stwarzając tym samym zagrożenie dla sąsiadujących obiektów. Zalecane, minimalne odległości układu skrzynek od innych obiektów przyjmuje się zgodnie z tab. 4.7.5.1.

Tab. 4.7.5.1. Minimalne odległości układu skrzynek retencyjno-rozsączających od innych obiektów

Rodzaj obiektu	Minimalna odległość [m]
Budynki z izolacją	2,0
Budynki bez izolacji	5,0
Drzewa	3,0
Granica działki, droga publiczna lub droga dla pieszych w ulicy	2,0
Rurociąg gazowy lub wodociągowy	1,5
Kable elektryczne	0,8
Kable telekomunikacyjne	0,5

(31) Komory retencyjno-chłonne (drenażowe) są gotowym produktem o wytrzymałej konstrukcji wykonanej z tworzyw sztucznych, o otwartym dnie i perforowanych ścianach. Ich jednostkowa pojemność waha się w granicach od 0,13 do 4,91 m³. Komory mogą być łączone, co zwiększa pojemność tworzonych zbiorników.

(32) Komory retencyjno-chłonne umieszcza się w wykopie na ochronnej warstwie kruszywa grubego nie łamanego (żwiru) 8/16 o grubości od 15 do 30 cm. W celu ochrony komór rozsączających układa się na nich geowłókninę i w ten sposób oddziela się od materiału zasypki. Wykop zasypuje się stopniowo równomiernymi warstwami gruntu rodzimego lub piasku (rys. 4.7.5.8).



Rys. 4.7.5.8. Przykład schematu przekroju podziemnego zbiornika retencyjno-infiltracyjnego zbudowanego z komór rozsączających [25]

(33) Szczegółowe warunki wykonania obsypki oraz konstrukcji przykrycia komór, w zależności od sposobu użytkowania powierzchni ponad nimi, w tym dopuszczenie ruchu pojazdów (np. parking ponad zbiornikiem) określa dostawca komór.

(34) Komory instaluje się poniżej głębokości przemarzania gruntów, a odległość dna warstwy rozsączającej od maksymalnego poziomu wody gruntowej powinna wynosić nie mniej niż 1,0 m. Należy zachować minimalne odległości od uzbrojenia podziemnego i lokalnych ujęć wód zgodnie z przepisami odrębnymi.

(35) Wody deszczowe przed dostaniem się do skrzynek i komór retencyjno-infiltracyjnych powinny być podczyszczane za pomocą np. osadników, piaskowników lub separatorów.

4.7.6. Zbiornice rozsączające

(1) Zbiornice rozsączające projektuje się jako zbiorniki infiltracyjne lub zbiorniki retencyjno-infiltracyjne.

(2) W zbiorniczych systemach rozsączających stosuje się komory retencyjno-infiltracyjne o zwiększonej objętości. Ogólne zasady ich projektowania określa podrozdział 4.7.5 akapity od (26) do (35).

(3) Przejmowanie wody przez zbiorniki infiltracyjne oraz zbiorniki retencyjno-infiltracyjne jest zwykle połączone z podczyszczaniem wód opadowych lub roztopowych.

(4) Zasady projektowania zbiorników infiltracyjnych i zbiorników retencyjno-infiltracyjnych podane są w rozdziale 7.

4.7.7. Zbiorniki retencyjne i o specjalnym przeznaczeniu

(1) Zbiorniki retencyjne służące czasowemu zatrzymaniu lub ograniczeniu prędkości (spowolnienie) obiegu wody, umożliwiają dodatkowo wytrącenie osadów lub innych zanieczyszczeń unoszonych przez wodę spływającą ze zlewni drogowej.

(2) Zasady projektowania zbiorników retencyjnych podane są w podrozdziale 7.3.4.

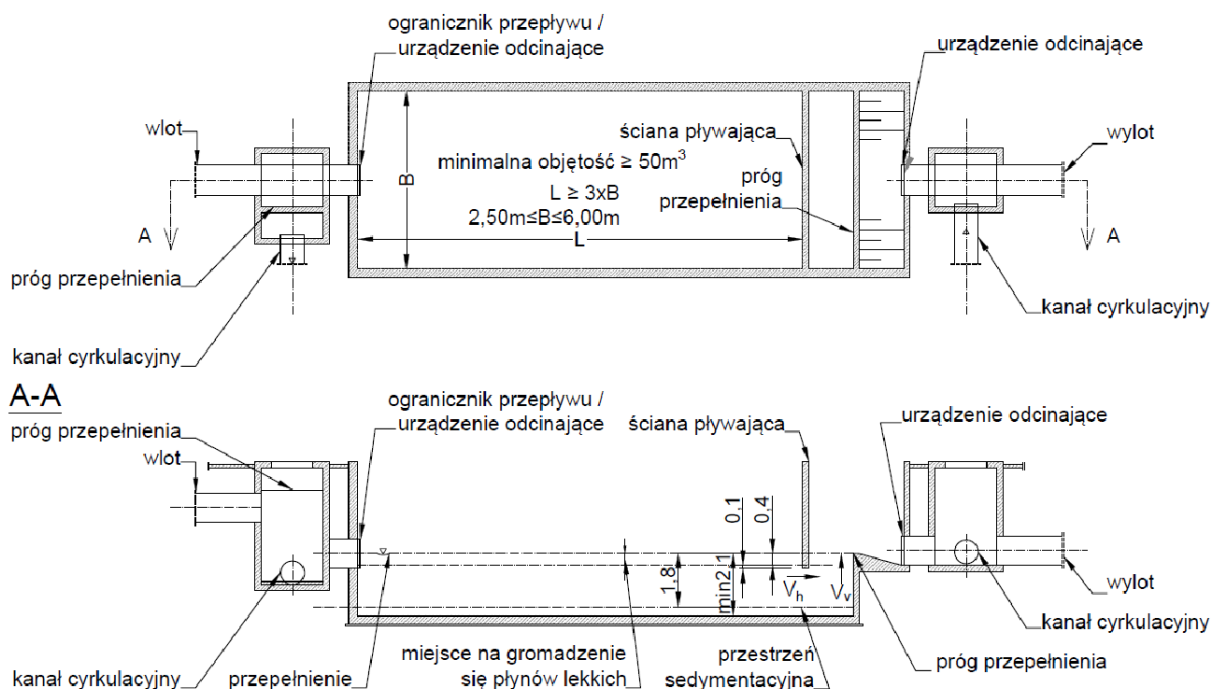
(3) Zbiornikami o specjalnym przeznaczeniu (zbiornikami awaryjnymi) są zbiorniki umożliwiające zatrzymanie wody spływającej z odcinka pasa drogowego o zwiększonym ryzyku wystąpienia zanieczyszczeń powodowanych zdarzeniami nadzwyczajnymi, np. wypadki związane z rozszczelnieniem zbiorników w pojazdach z materiałami niebezpiecznymi lub spływ środków używanych przy gaszeniu pożaru.

(4) Do zbiorników o specjalnym przeznaczeniu powinny być kierowane spływy wody tylko z powierzchni, na których mogą wystąpić nadzwyczajne zanieczyszczenia (ze ścieków i kanalizacji), które mogą powodować nieakceptowalne straty środowiskowe. W ocenie tych strat zaleca się stosować klasyczne analizy ryzyka. Takimi miejscami mogą być np. tunele, miejsca obsługi podróżnych, odcinki o zwiększonym ryzyku wypadków.

(5) Zbiorniki o specjalnym przeznaczeniu projektowane są jak zbiorniki retencyjne o pojemności nie mniejszej niż 40 m³ i wyposażone w zasuwę umożliwiającą odcięcie odpływu wody ze zbiornika w sytuacji wystąpienia nadzwyczajnych zdarzeń (rys. 4.7.7.1). Zbiorniki wyposaża się w osadniki i urządzenia umożliwiające oddzielenie zanieczyszczeń ropopochodnych.

(6) Wielkość zbiorników awaryjnych na wylotach z tuneli ustala się indywidualnie w powiązaniu z planem ochrony przeciwpożarowej.

(7) Zbiorniki awaryjne opróżnia się po wystąpieniu opadów, tak aby mogły pomieścić spływy zanieczyszczonej wody w przypadkach wystąpienia nadzwyczajnych zdarzeń.



Rys. 4.7.7.1. Schemat przykładowego zbiornika awaryjnego otwartego

4.7.8. Kanalizacja deszczowa

Kanały

- (1) Kanał deszczowy składa się z odcinków prostych w planie i w przekroju podłużnym, usytuowanych między studzienkami kanalizacyjnymi. Ich wysokościowe ukształtowanie ma zapewnić grawitacyjne funkcjonowanie kanalizacji.
- (2) Rozmiar kanału deszczowego zależy od przewidywanej ilości wody do przeprowadzenia. Typowe kanały deszczowe mają przekrój kołowy, rzadziej jajowy. Zaleca się analizę celowości stosowania kanału o przekroju jajowym przy spodziewanej średnicy kanału kołowego powyżej 1,0 m. Przekrój jajowy ma korzystniejszy hydraulicznie kształt w warunkach zmiennych co do wielkości strumieni objętościowych przepływów, jest węższy, przez co łatwiejszy w trasowaniu w pobliżu innych sieci, lecz może być droższy ze względu na większy koszt materiału i wyższe wymagania co do montażu.
- (3) Wymiary przekroju poprzecznego kanałów deszczowych powinny zapewnić przepływ strumienia objętościowego wód opadowych o natężeniu wynikającym z przyjętego do obliczeń deszczu miarodajnego, przy dodatkowym warunku, że średnica nominalna kanału deszczowego powinna być nie mniejsza niż 300 mm. W przypadku kanałów niekołowych wymaga się, aby ich najmniejszy gabaryt wewnętrzny był nie mniejszy niż 300 mm.
- (4) Kanały deszczowe w zakresie ich budowy i użytych przewodów powinny spełniać wymagania określone w normie [15].
- (5) Jeżeli kanalizacja deszczowa ma być eksploatowana przez przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji, wytyczne do projektowania oraz szczegóły techniczne powinny być uzgodnione z tym przedsiębiorstwem.
- (6) W kanalizacji deszczowej zwykle stosuje się rury i inne przewody:
 - a) z nieplastifikowanego polichlorku winylu (PCV-U), polipropylenu (PP lub PP-MD) lub polietylenu (PE),
 - b) kamionkowe obustronnie szkliwione,
 - c) betonowe lub żelbetowe,
 - d) żeliwne,
 - e) stalowe
 - f) z polimerobetonu,
 - g) z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP – glassfiber reinforced plastics), wykorzystywane głównie przy nietypowych kształtach

kanału (na przykład jajowych lub eliptycznych, gdy jest za mało miejsca na ułożenie typowego kanału lub gdy z tego samego albo innego powodu trzeba zastosować studnie rewizyjne zintegrowane z kanałem).

(7) Przewody rurowe i kształtki do odwadniania i kanalizacji powinny spełniać wymagania określone odpowiednio w:

- a) normie [10] – w przypadku rur z termoutwardzalnych tworzyw sztucznych,
- b) normie [11] – w przypadku rur i kształtek z betonu niezbrojonego, betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowych,
- c) normie [12] – w przypadku rur kamionkowych.

(8) Rury i inne elementy kanalizacji deszczowej montuje i łączy się zgodnie z zaleceniami producentów, przy zachowaniu szczelności połączeń.

(9) Rury układane w trudnych warunkach gruntowych (np. na terenach eksploatacji górniczej, w osiadających nasypach itp.) powinny mieć zdolność kompensacji podłużnej, np. w przypadku po łączeń kielichowych mieć wydłużone kielichy.

(10) Elementy kanalizacji deszczowej z betonu izoluje się w procesie produkcji lub bezpośrednio przed wbudowaniem przez dwukrotne posmarowanie preparatem ochronnym na bazie asfaltu, najpierw gruntującym, potem powłokowym. Zaleca się stosować takie rury betonowe, w przypadku których nie trzeba stosować powłok bitumicznych.

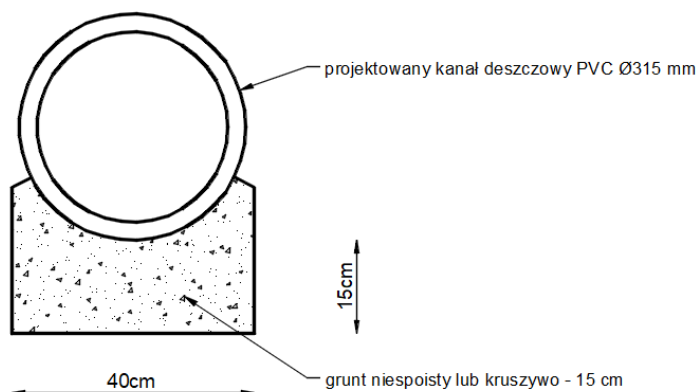
(11) Kanał deszczowy posadowia się poniżej poziomu przemarzania gruntu, a jego przykrycie powinno być nie mniejsze niż 1,4 m. W przypadku konieczności płytszego umieszczenia kanał ociepla się (na przykład warstwą keramzytu owiniętą geowłókniną igłowaną, która ma nie dopuścić do zamulenia keramzytu przez cząstki gruntu).

(12) Grubość warstwy przykrycia kanału wpływa na dobór charakterystyk wytrzymałościowych, które powinny wynikać z analiz występujących obciążeń.

(13) W przypadku kanału z rur z tworzyw sztucznych pod częściami drogi przeznaczonymi do ruchu o przykryciu co najmniej 1,4 m, ich sztywność obwodowa SN powinna wynosić co najmniej 8 kN/m². Przy przykryciu mniejszym niż 1,4 m używa się rur o zwiększonej sztywności obwodowej, tj. nie mniejszej niż 10 kN/m² i zweryfikowanej obliczeniami obciążenia rur.

(14) Zaleca się unikać posadowienia kanału deszczowego głębiej niż 6,0 m ze względu na duże koszty robót (przede wszystkim ziemnych) i budowy studni. Jeżeli konieczne jest głębsze posadowienie kanału, zaleca się analizę możliwości jego płytszego posadowienia i budowy przepompowni, pamiętając jednak, że grawitacyjne odprowadzanie wód opadowych jest najtańsze pod względem eksploatacyjnym i najmniej zawodne.

(15) W dobrych warunkach gruntowych (grunty nośne, nieplastyczne) kanał deszczowy posadowia się na ławie z gruntu niespoistego lub kruszywa o grubości warstwy od 15 do 20 cm (zależnie od warunków posadowienia i średnicy rury), podbitej pod rurę, tak aby rura spoczywała na ławie częścią obwodu (rys. 4.7.8.1). W gorszych warunkach gruntowych (np. w gruntach spoistych plastycznych) ławę wykonuje się z mieszanki związanej lub betonu. Przy występowaniu gruntów słabonośnych sposób posadowienia kanału opracowuje się indywidualnie przy udziale specjalisty geotechnika i zgodnie z zaleceniami producenta rur.



Rys. 4.7.8.1. Przykład posadowienia kanału deszczowego w dobrych warunkach gruntowych

(16) Kanał deszczowy układa się w wykopie, z reguły wąskoprzestrzennym, o szerokości 1,0 m w przypadku przykanalików, a w przypadku kanałów w wykopie szerszym dostosowanym do średnicy kanału i przy zapewnieniu przestrzeni roboczych o szerokości nie mniejszej niż po 0,5 m obok kanału. Jeżeli głębokość wykopu przekracza 1,0 m, to wymagane jest oszalowanie ścian z rozparciem na całej głębokości wykopu. Można zastosować inny, równoważny sposób zabezpieczenia ścian wykopu przed obsunięciem się i przenikaniem wody.

(17) Przed zasypaniem kanału deszczowego wykonuje się próbę jego szczelności na infiltrację i eksfiltrację zgodnie z normą [10].

(18) Maksymalne pochylenia podłużne kanału deszczowego wynikają z dopuszczalnej prędkości przepływu wody w kanale, która zależy od materiału z jakiego jest wykonany kanał. Prędkości graniczne określa producent elementów, z których wykonywany jest kanał.

(19) Pochylenia podłużne kanału deszczowego, przy założeniu dopuszczalnej prędkości przepływu wody w kanale nie większej niż 5 m/s, powinny zawierać się w podanych poniżej przedziałach:

- a) przy średnicy 300 mm – od 0,30 do 1,33%,
- b) przy średnicy 400 mm – od 0,25 do 0,90%,
- c) przy średnicy 500 mm – od 0,20 do 0,67%,
- d) przy średnicy powyżej 500 mm – od 0,15 (wyjątkowo 0,10) do 0,60%.

(20) Zaleca się stosowanie jednostajnego spadku na możliwie długich odcinkach kanału, o wartościach tego spadku zapewniających prędkość przepływu wody nie mniejszą niż 0,5 m/s i w miarę możliwości nie zmniejszać tego spadku na kolejnych odcinkach, co będzie zapobiegać wytrącaniu się osadów w kanale (tzw. kanał samooczyszczający się).

Studnie w ciągu kanału deszczowego

(21) Studnie rewizyjne przerywające ciągłość kanału służą do sprawdzania drożności i w razie potrzeby czyszczenia kanału. Studnie rewizyjne lokalizuje się:

- a) w miejscu, gdzie kanał zmienia kierunek lub pochylenie podłużne,
- b) w miejscu, gdzie kanał zmienia rozmiar,
- c) w miejscu łączenia się kanałów,
- d) w miejscach podłączeń przykanalików, o ile nie jest to niedogodne z jakichś względów,
- e) w miejscach niezbędnych z uwagi na utrzymanie sprawności kanału – w odstępach od 50 m przy małych średnicach kanałów i małych pochyleniach do 100 m przy większych średnicach i znacznych pochyleniach podłużnych.

(22) W zależności od funkcji wyróżnia się studnie:

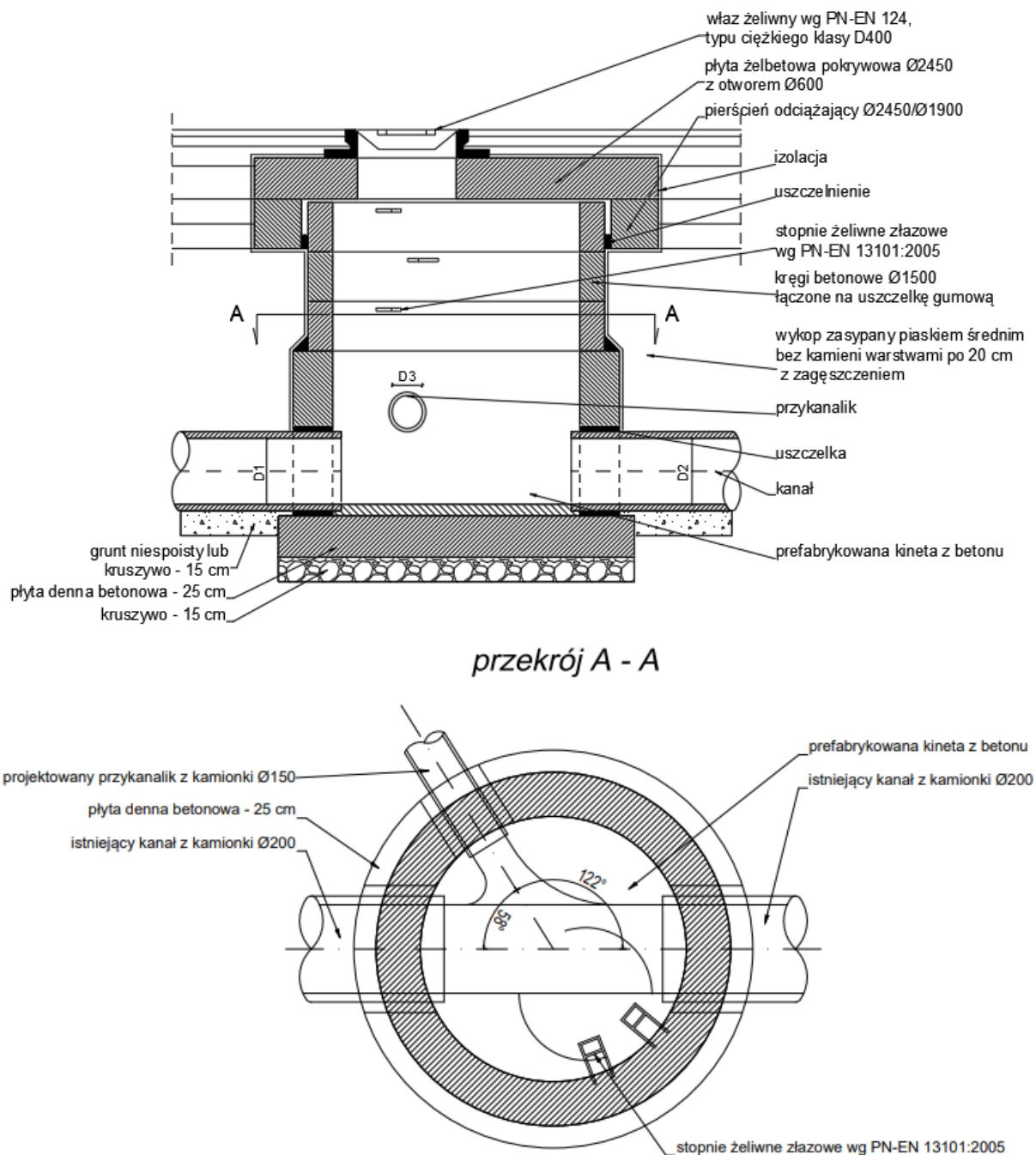
- a) połączeniowe, gdy do studni oprócz kanału głównego dochodzi kanał lub kanały boczne albo przykanalik(i) (rys. 4.7.8.2),
- b) przelotowe, gdy do studni dochodzi (przechodzi przez nią) tylko kanał główny.

(23) Pod względem dostępności wyróżnia się studnie:

- a) włączowe, których rozmiar umożliwia wejście człowieka,
- b) niewłączowe, które są mniejsze od włączowych,
- c) ślepe, przykryte pełną płytą pokrywową i znajdujące się całkowicie pod powierzchnią terenu.

(24) Studnie włączowe buduje się zwykle z kręgów betonowych i podstawy, wykonanych w zakładzie prefabrykacji. Średnica wewnętrzna studni powinna wynosić co najmniej 1,2 m przy średnicy kanału 300 mm lub 400 mm i zwiększać się wraz ze wzrostem średnicy kanału, osiągając od 2,0 do 3,2 m. Wyjątkowo, przy małych średnicach kanału i niedostatku miejsca, dopuszcza się wbudowanie studni o średnicy 1,0 m. Dopuszcza się stosowanie studni z tworzyw i kompozytów, np. PEHD lub GRP.

(25) Specyfikacje studzienek włączowych i inspekcyjnych z tworzyw sztucznych określa norma [14], a studzienek niewłączowych norma [13].



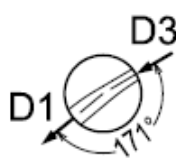
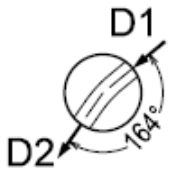

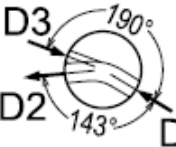

Rys. 4.7.8.2. Przykład studni połączeniowej o głębokości do 3,0 m, umieszczonej w jezdni

(26) W dnie studni z reguły jest wyprofilowana kineta, to jest korytko o kształcie dostosowanym do układu wejść do studzienki i kierunku przepływu wody. Przykład informacji o układzie kinet dla zakładu prefabrykacji pokazano na rys. 4.7.8.3. Jeżeli nie stosuje się kinet, to dno studzienki obniża się o około 0,15 m względem wlotów kanałów i wówczas takie obniżenie jest traktowane jak osadnik.

(27) Kanały spotykające się w studni dopasowuje się wysokościowo „oś w oś”, a jeżeli prawdopodobnym jest, że kanał mógłby pracować pod ciśnieniem – „sklepienie w sklepienie”.

(28) Przykanaliki doprowadzane do studni zaleca się umieszczać powyżej dna studni, a w uzasadnionych przypadkach dno włączenia przykanalika może być na poziomie dna studni.

(29) Studnia wążowa jest przykryta płytą pokrywową z włączem. Pod włączem na ścianie studni mogą być umieszczone stopnie (klamry) wążowe lub drabina zamontowana na stałe. Przy ich braku przy wchodzeniu do studni powinno używać się drabiny przenośnej.

Studnia	Szkic połączeń	Średnice [mm]				
		D1	D2	D3	D4	D5
S1		300	-	200	-	-
S2		300	300	-	-	-
S3		300	300	200	200	-
S4		300	300	200	-	-
S7		300	-	200	200	200

Rys. 4.7.8.3. Przykład informacji dla zakładu prefabrykacji o średnicach i układzie kanałów i przykanalików dochodzących do studni oraz o kształtach kinet

(30) Włazy do studni powinny mieć klasy, określone zgodnie z normą [16]:

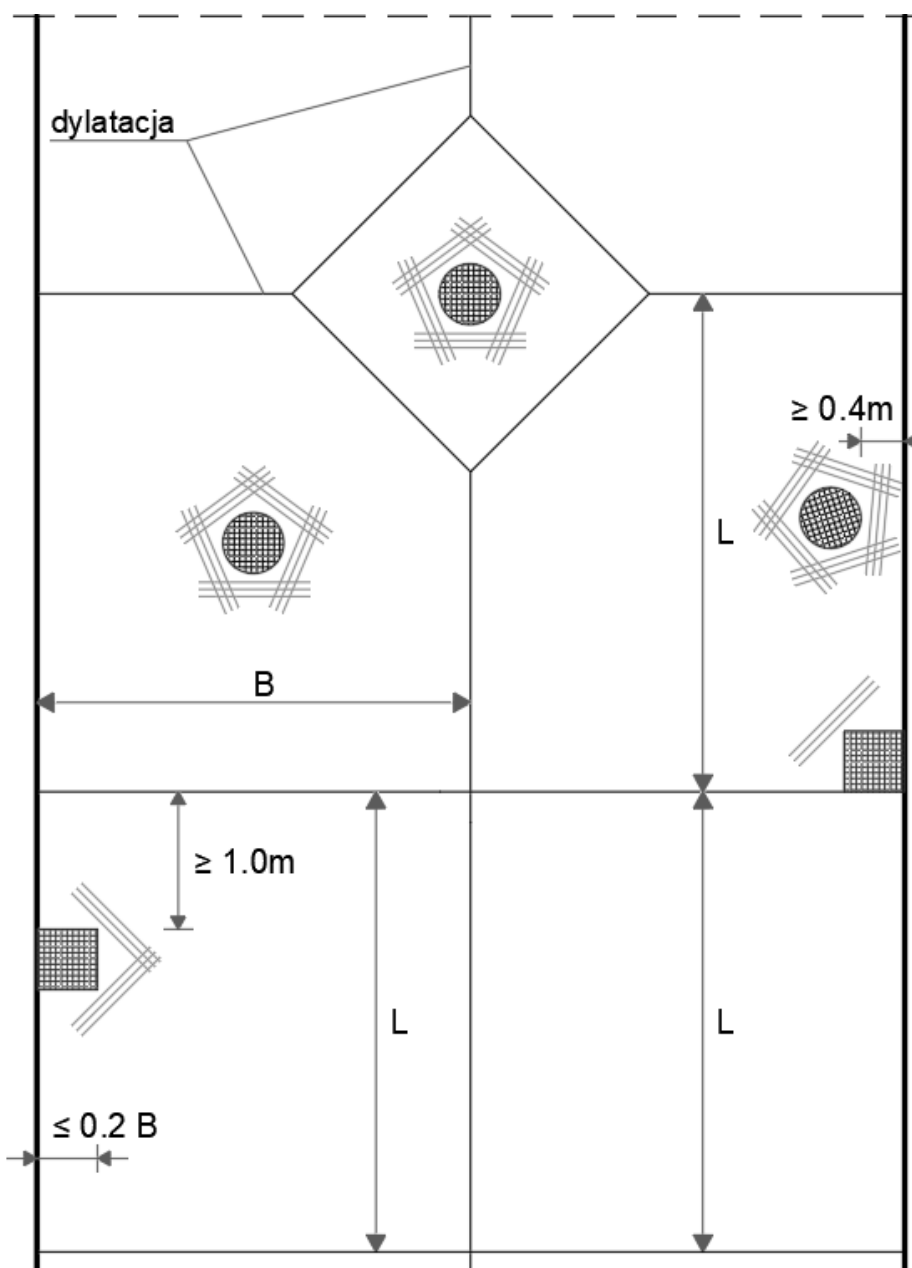
- B125 – jeżeli studnie są umieszczone poza strefą ruchu samochodowego,
- D400 – przy typowym ruchu drogowym,
- E600 – przy dużym udziale ciężkich pojazdów ciężarowych.

Ustawiony wąż powinien mieć rzędną zgodną z projektowaną z dokładnością do 1,0 cm i być wyregulowany w dostosowaniu do rzędnych i pochyleń sąsiadujących nawierzchni z dokładnością do 2 mm.

(31) Włazy studni znajdujące się w jezdni umieszcza się poza pasem przejazdu kół pojazdów (patrz WR-D-22-3 rozdział 6). Jeżeli nie jest to możliwe, wówczas płyta pokrywowa powinna opierać się na pierścieniu odciążającym spoczywającym na zagęszczonej zasypce studzienki, a między tą płytą a górnym kręgiem studni powinna być przerwa, tak aby obciążenia od pojazdów nie przenosiły się na ściany studni. Dopuszcza się także stosowanie konstrukcji samopoziomujących, niewymagających pierścieni odciążających. Jeżeli studnia znajduje się poza pasem przejazdu kół pojazdów, to wówczas płyta pokrywowa może opierać się bezpośrednio na studni.

(32) Włazy studni w nawierzchni z betonu cementowego zaleca się wykonywać jako połączone konstrukcyjnie (zintegrowane) z nawierzchnią, przy spełnieniu dodatkowych wymagań dotyczących ich lokalizacji względem szczelin dylatacyjnych (rys. 4.7.8.4). Jeżeli włazy nie mogą być umieszczone w miejscu występowania szczeliny dylatacyjnej, to odsunięcie włazu od

tych szczelin powinno być nie mniejsze niż 1,0 m. Nawierzchnia w otoczeniu włazu powinna być wzmocniona dodatkowym zbrojeniem, które będzie zapobiegało propagacji spękań nawierzchni w otoczeniu włazu.

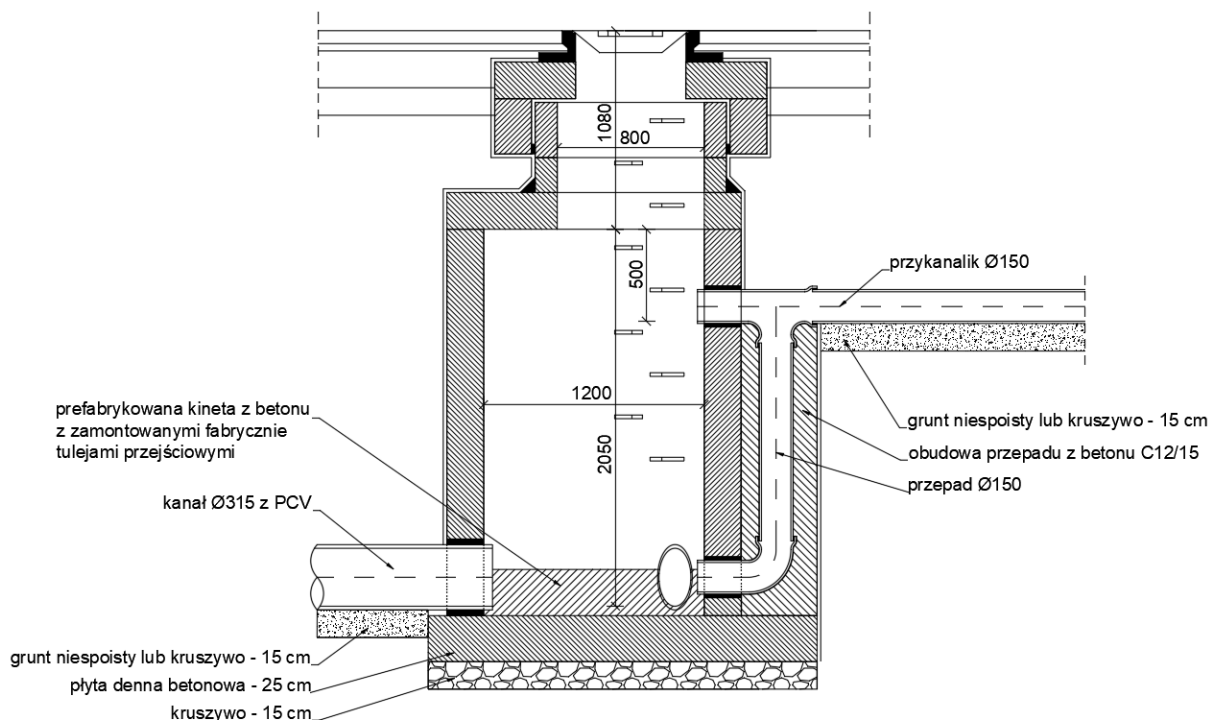


Rys. 4.7.8.4. Schemat zalecanego rozmieszczenia włazów i studzienek wpustowych względem szczelin dylatacyjnych (na podstawie [20])

(33) Zaleca się stosowanie studni wykonanych jako elementy prefabrykowane z systemowymi połączeniami i wbudowanymi uszczelnieniami. Jeżeli zachodzi konieczność wykonania in-situ otworów przyłączeniowych w studni, to ich połączenia z kanałami i przykanalikami uszczelnia się materiałami zapewniającymi trwałość tych uszczelnień.

(34) Wszystkie elementy betonowe przed wbudowaniem izoluje się w sposób podany w akapicie (7). Wykop obok studni zasypuje się gruntem piaszczystym bez kamieni (aby nie uszkodzić izolacji) i zagęszcza się.

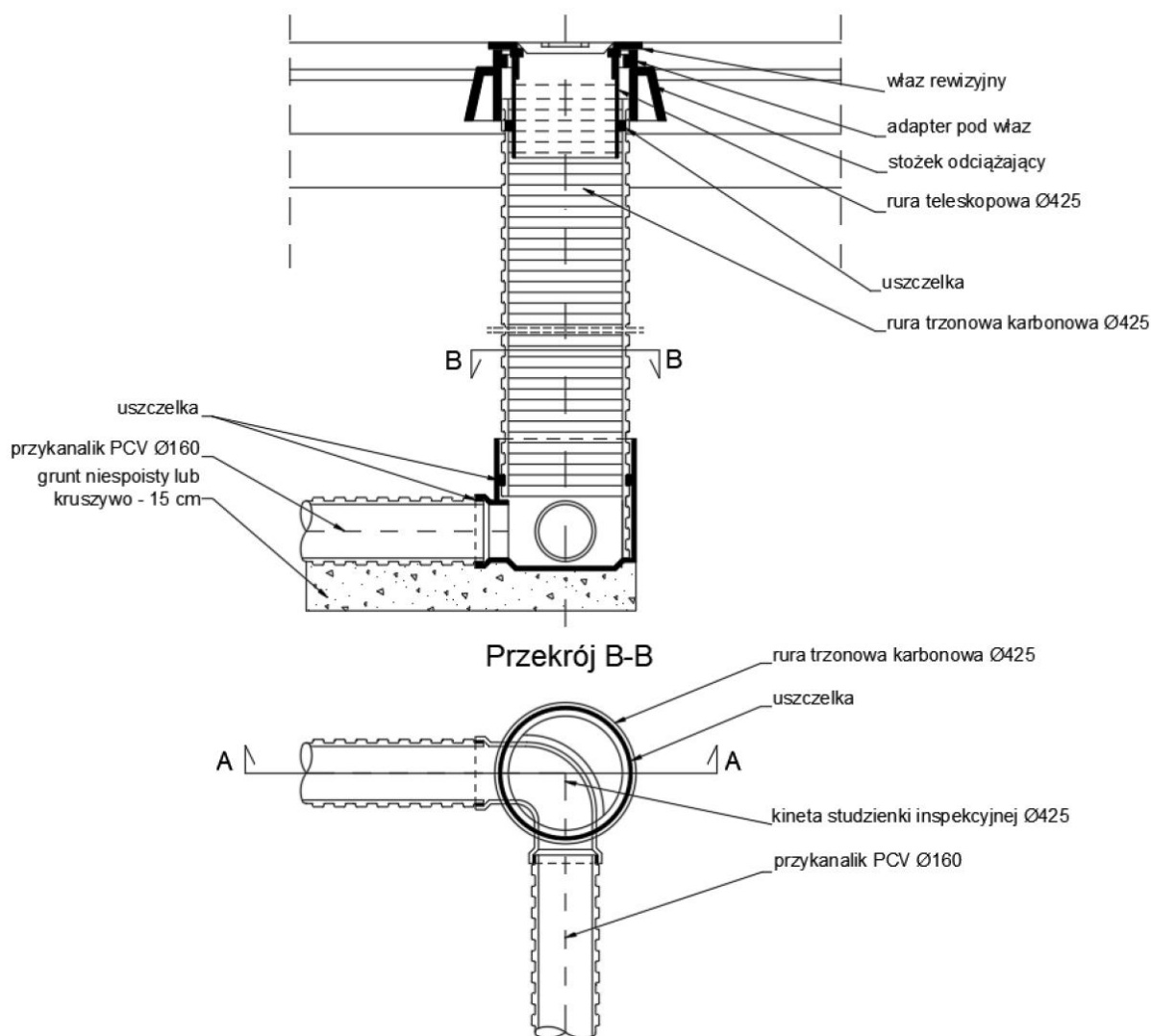
(35) Przy głębokości studni przekraczającej 3,0 m jej górną część wykonuje się w postaci komina włazowego, a dolną w postaci komory roboczej (rys. 4.7.8.5). Wysokość komory roboczej powinna być nie mniejsza niż 2,5 m, w trudnych warunkach dopuszcza się nie mniejszą niż 2,0 m. Szczegółowe parametry uzgadnia się z gestorem sieci kanalizacji deszczowej.



Rys. 4.7.8.5. Przykład studzienki włazowej z kominem i kaskadą zewnętrzną

(36) Wlot przykanalika do studni włazowej może znajdować się na wysokości do 0,4 m ponad jej dnem. Przy potrzebnej większej wysokości włączenia przykanalika lub kanału wbudowuje się kaskadę zewnętrzną (przeпад), zmontowaną z kształtek (trójników, króćców) dostosowanych do materiału i średnicy rury dochodzącej do studni, obetonowaną betonem klasy C12/15 (rys. 4.7.8.5). Dopuszczalna wysokość kaskady wynosi od 0,4 m do 4,0 m. Górny wlot kaskady do studni powinien znajdować się co najmniej 0,5 m poniżej górnej płyty komory roboczej.

(37) Studnie niewłazowe, dostarczane jako kompletne przez producentów i wykonane z tworzyw sztucznych, są przystosowane do kanałów z tworzyw sztucznych o małych średnicach. W przypadku kanałów z innych materiałów stosuje się typowe elementy przejściowe między studnią a kanałem. Przykład studni niewłazowej z tworzyw sztucznych wraz z jej częściami składowymi przedstawia rys. 4.7.8.6.



Rys. 4.7.8.6. Przykład studni niewiązowej z tworzywa sztucznego

Studzienki wpustowe

(38) Typowe studzienki wpustowe są zbudowane z kręgów betonowych o średnicy wewnętrznej 0,5 m. Woda odpływa ze studzienki przykanalikiem, który powinien być umieszczony poniżej poziomu przemarzania gruntu, standardowo na głębokości od około 1,6 do około 2,0 m poniżej poziomu terenu. Przy płytce umieszczonym kanale odbierającym wodę ze studzienki wpustowej dopuszcza się umieszczenie przykanalika na mniejszej głębokości. Poniżej przykanalika znajduje się osadnik o głębokości od 0,8 do 1,0 m, służący do gromadzenia zanieczyszczeń, które wpadły do studzienki. Osadniki czyści się okresowo, aby zapobiegać przedostawaniu się zanieczyszczeń do przykanalika i do kanału.

(39) W szczególnych przypadkach, np. wyprowadzania wody ze studzienki do otwartego odbiornika, dopuszcza się stosowanie studzienek wpustowych bez osadnika. W studzienkach wpustowych bez osadnika umieszcza się kosz przechwytyjący grube zanieczyszczenia.

(40) Studzienka wpustowa jest przykryta płytą pokrywową opartą na pierścieniu odciążającym spoczywającym na zasypce studzienki. Płyta i pierścień mogą stanowić jeden prefabrykat. Zasady dotyczące izolowania prefabrykatów betonowych oraz układania i zagęszczania zasypki są analogiczne do podanych w akapicie (7).

(41) Na płycie pokrywowej znajduje się wpust z pokrywą w formie kraty umieszczonej prostopadle do kierunku jazdy, na której zatrzymują się grube zanieczyszczenia. Należy stosować się do zaleceń producenta dotyczących sposobu umieszczenia wpustu względem kierunku jazdy (jeżeli takie wymaganie jest podane). Pod wpustem może być podwieszony kosz zatrzymujący grube zanieczyszczenia pływające.

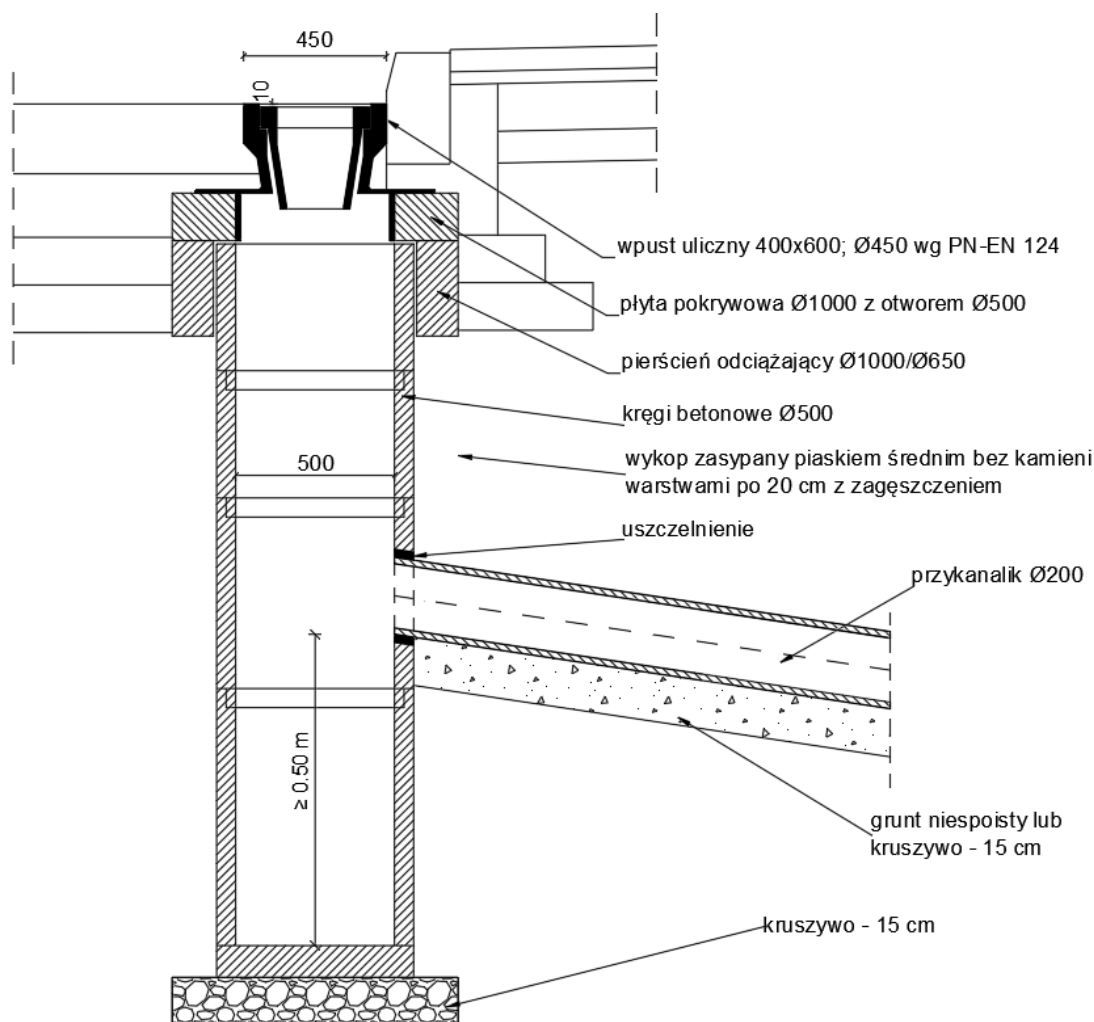
(42) Studzienka wpustowa nie powinna znajdować się na przejściu dla pieszych ani przejeździe dla rowerów.

(43) Zwieńczenia wpustów powinny spełniać wymagania określone w normach [16], [17] i [18] odpowiednio do materiału z jakiego są wykonane. Wpusty powinny mieć następujące klasy obciążenia, określone zgodnie z normą [16]:

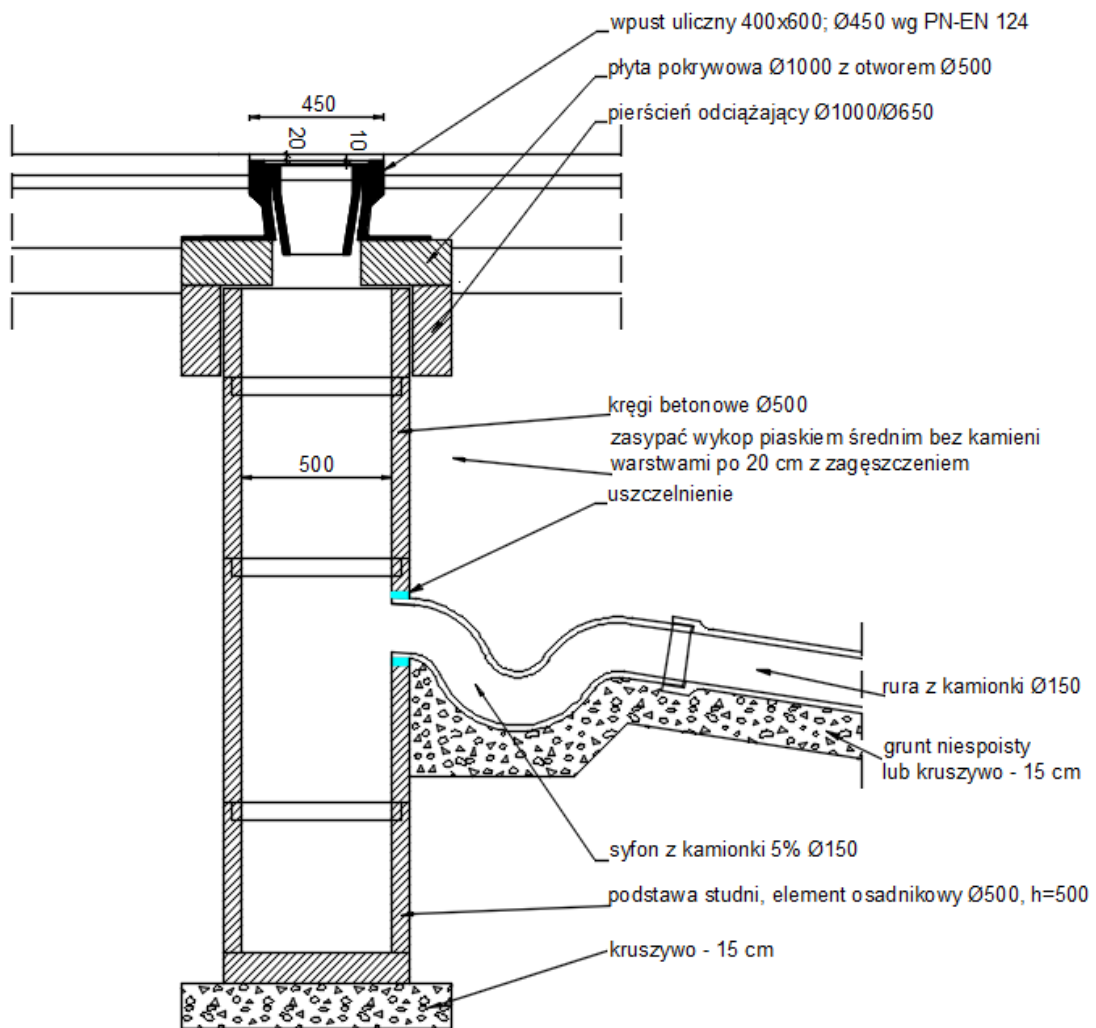
- a) B125 – w przypadku wpustów nienarażonych na ruch samochodów,
- b) C250 – w obszarach przykrawężnikowych przy braku pojazdów ciężkich w potoku ruchu,
- c) D400 – przy typowym ruchu drogowym,
- d) E600 – przy dużym udziale ciężkich pojazdów ciężarowych.

(44) Wpust obniża się o od 0,5 do 1,0 cm względem odwadnianej powierzchni, w tym także względem dna tego ścieku.

(45) Konstrukcje typowej betonowej studzienki wpustowej przedstawiają rys. 4.7.8.7 i 4.7.8.8, różniące się sposobem połączenia przykanalika. Konstrukcyjne rozwiązanie syfonu wykonuje się zgodnie z wymaganiami gestora kanalizacji ogólnospławnej. Zastosowanie syfonu wymaga regularnej kontroli stanu drożności przykanalika z syfonem.

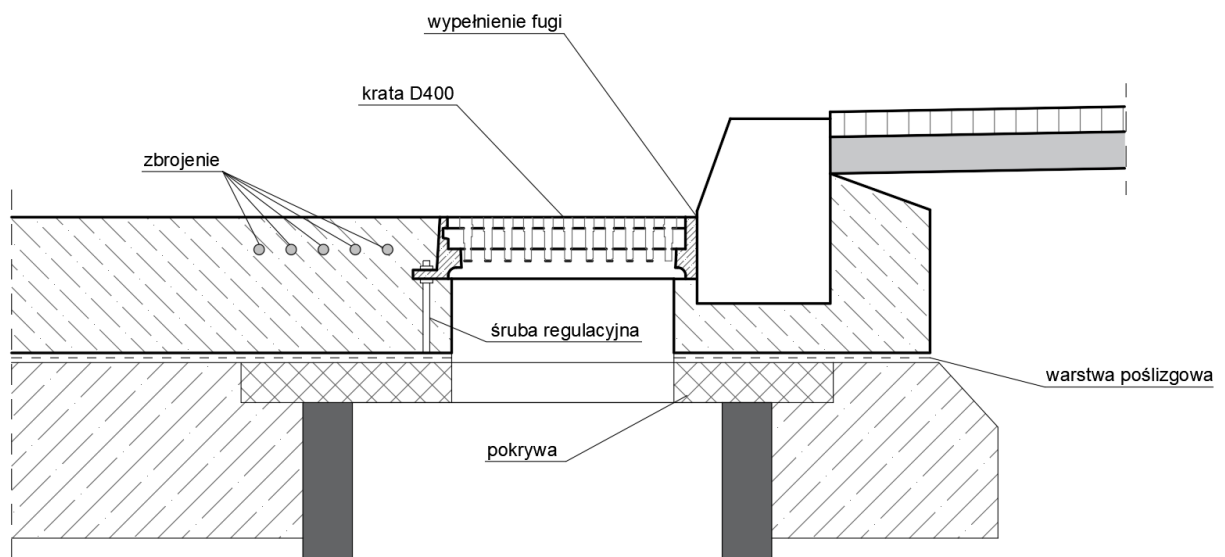


Rys. 4.7.8.7. Typowa betonowa studzienka wpustowa z osadnikiem bez syfonu



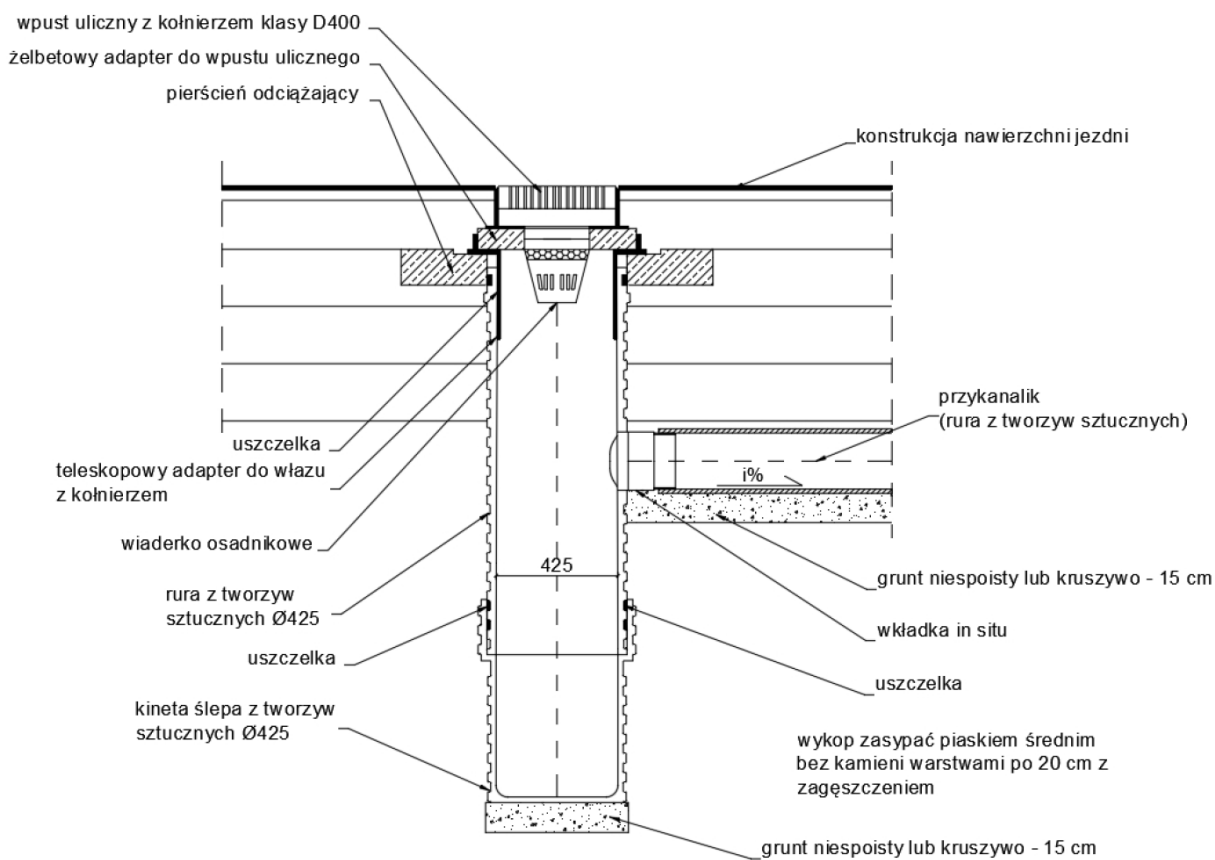
Rys. 4.7.8.8. Przykład studzienki wpustowej z osadnikiem i syfonem

(46) Studzienki wpustowe wbudowane w konstrukcję nawierzchni betonowej powinny mieć konstrukcję dedykowaną do tego typu nawierzchni oraz być połączone z tą nawierzchnią w sposób zapewniający jej trwałość (rys. 4.7.8.9) i z uwzględnieniem podanych w akapicie (32) wymagań lokalizacji względem szczylin dylatacyjnych.



Rys. 4.7.8.9. Przykład schematu wbudowania studzienki wpustowej w nawierzchnię betonową (na podstawie [30])

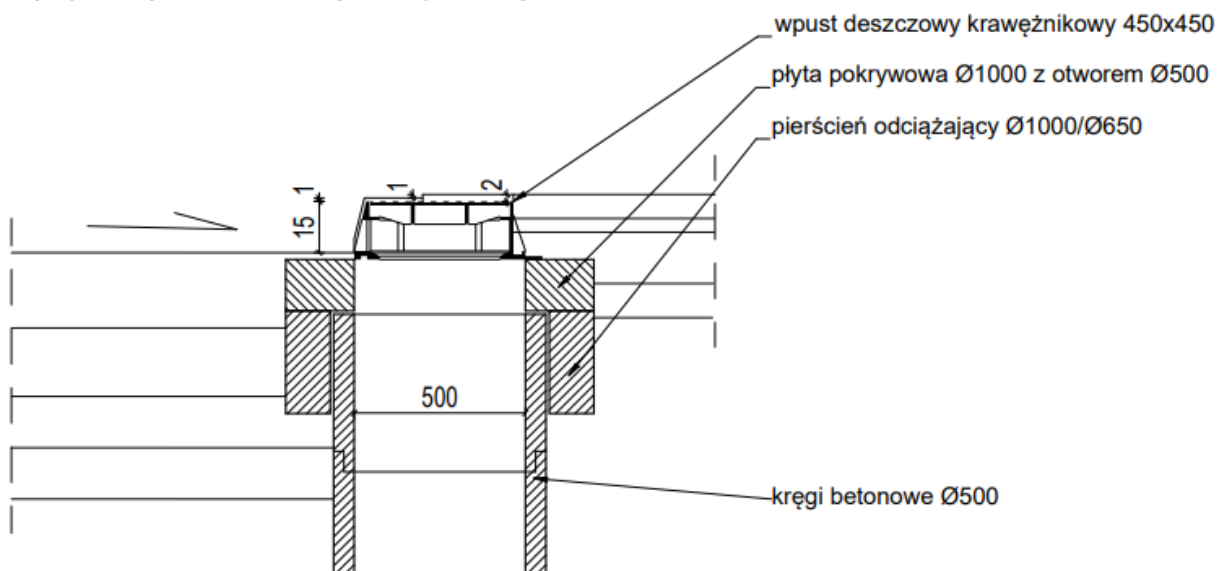
(47) Dopuszcza się stosowanie studzienek wpustowych z tworzyw sztucznych wbudowywanych zgodnie z zaleceniami producenta. Są one produkowane w wersji osadnikowej i bezosadnikowej, mają możliwość regulacji głębokości i pojemności osadnika oraz wyboru średnicy dopływu i odpływu. Przykład takiej studzienki z elementami składowymi pokazano na rys. 4.7.8.10.



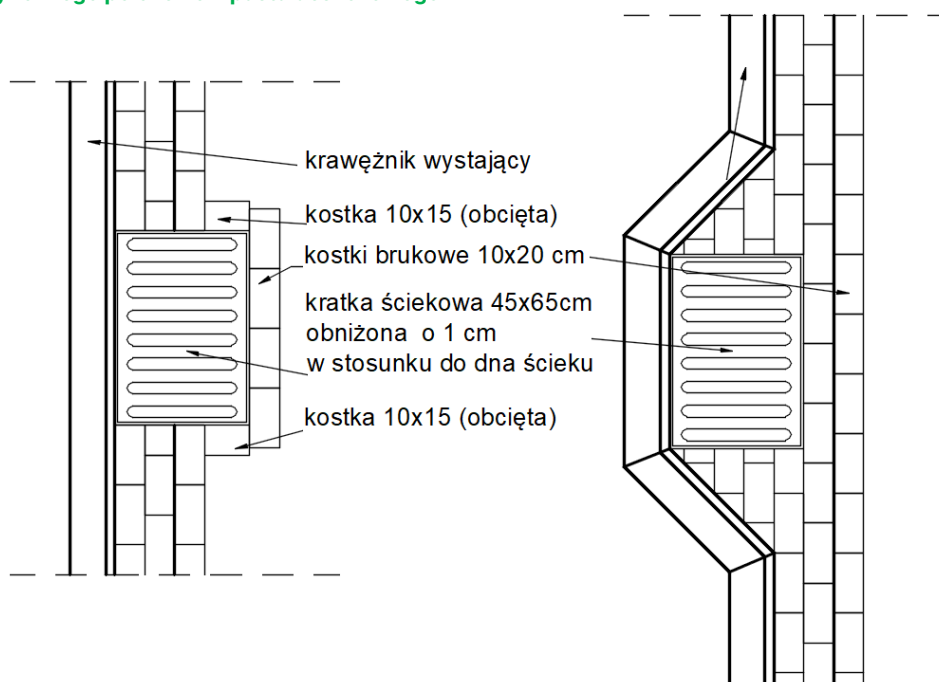
Rys. 4.7.8.10. Przykład studzienki ściekowej z tworzywa sztucznego z osadnikiem, z przykanalikiem wykonanym na miejscu (w prezentowanym przykładzie kosz osadnikowy może zawierać wkład sorpcyjny zatrzymujący zanieczyszczenia ropopochodne)

(48) Zamiast wpustów deszczowych studzienek znajdujących się w ścieku (w szczególnych przypadkach częściowo w jezdni) dopuszcza się stosowanie wpustów umieszczanych częściowo w ścieku i częściowo w krawężniku lub całkowicie w krawężniku (rys. 4.7.8.11). Wpusty umieszczone częściowo lub całkowicie w krawężniku mają mniejszą przepustowość niż wpusty typowe, więc przeważnie muszą być rozmieszczone gęściej niż w przypadku rozwiązań typowych, z uwzględnieniem zdolności przepustowej określonej przez producenta.

a) przykład wpustu deszczowego krawężnikowego



b) przykłady różnego położenie wpustu deszczowego

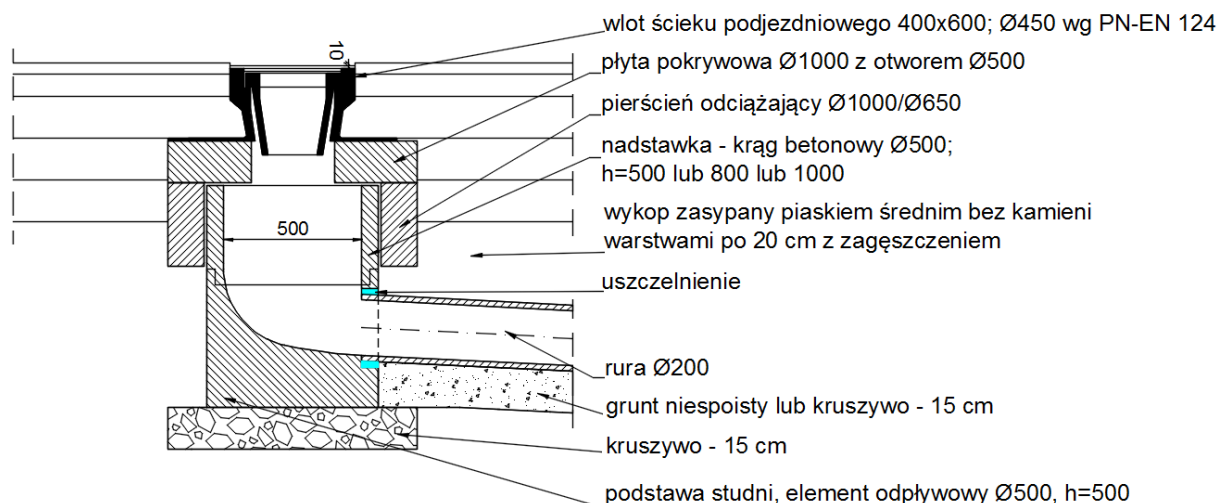


Rys. 4.7.8.11. Przykłady umieszczenia wpustów deszczowych do studzienek ściekowych

(49) Jeżeli woda ze studzienki ściekowej jest odprowadzana do kanału deszczowego, stosuje się przykanalik prosty. Natomiast, gdy woda odpływa do kanału ogólnospławnego (prowadzącego oprócz wody deszczowej także ścieki sanitarne), na wylocie przykanalika ze studzienki wpustowej umieszcza się syfon zapobiegający wydostawaniu się na drogę gazów z rozkładu ścieków sanitarnych. Łączenie wody opadowej ze ściekami sanitarnymi jest rozwiązaniem wyjątkowym, mogącym występować na istniejących drogach. Studzienka

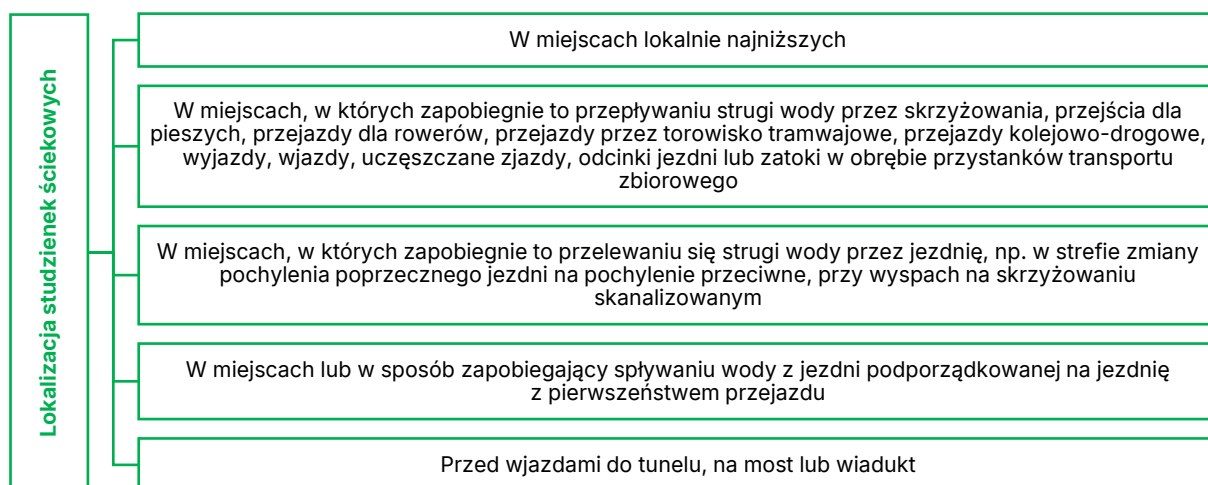
wpustowa z syfonem jest pokazana na rys. 4.7.8.8. W studzienkach z tworzyw sztucznych występują studzienki z syfonem (zamknięciem wodnym) zamontowanym wewnątrz studzienki i wyjmowanym, co ułatwia kontrolę i ewentualne czyszczenie przykanalika.

(50) Jeżeli woda ze studzienki wypływa bezpośrednio do otwartego odbiornika (na przykład do rowu) lub w innych szczególnych przypadkach, dopuszcza się stosowanie wpustu studzienki ściekowej bez osadnika (rys. 4.7.8.12).



Rys. 4.7.8.11. Przykład wpustu studzienki ściekowej bez osadnika i syfonu

(51) Wpusty studzienek ściekowych rozmieszcza się zgodnie z zaleceniami podanymi na rys. 4.7.8.13.

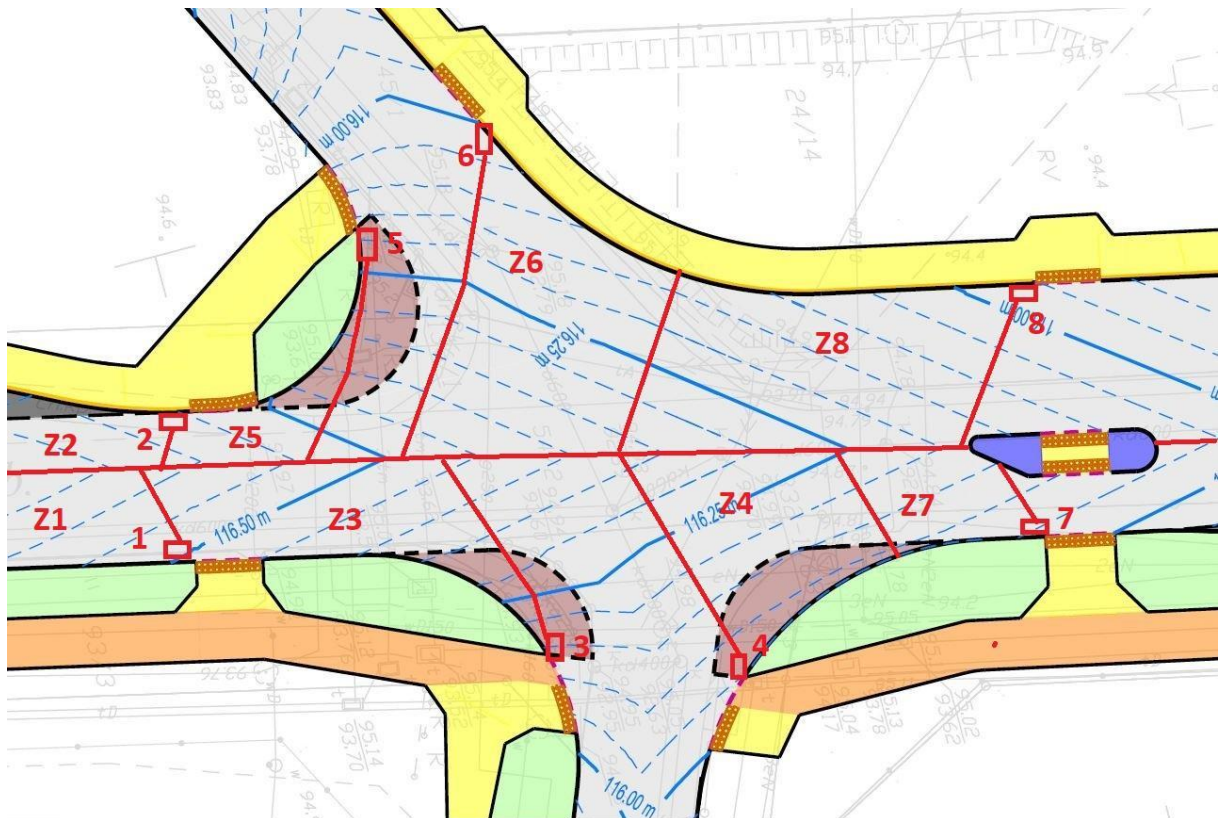


Rys. 4.7.8.13. Wymagane lokalizacje studzienek ściekowych

(52) Miejsca odbioru wody z powierzchni jezdni przy krawężniku, ze ścieku płaskiego, ścieku trójkątnego lub ścieku korytkowego rozmieszcza się w odległości wynikającej z przepustowości ścieku i dopuszczalnej szerokości strugi wody przy wlocie do wpustu ulicznego, zgodnie z WR-D-71-1. Dodatkowo sprawdza się warunek przepustowości kraty wpustu.

(53) Pełnowymiarowy wpust studzienki wpustowej (o powierzchni przepływu wody około 9-10 dm²) powinien zbierać wodę z powierzchni twardej nie większej niż 400-500 m².

(54) Przykład rozmieszczenia studzienek wpustowych na skrzyżowaniu, według zasad odwodnienia skrzyżowań podanych w podrozdziale 4.3, oraz granic zlewni, z których woda spływa z jezdni do poszczególnych studzienek wpustowych, przedstawia rys. 4.7.8.14.



Rys. 4.7.8.14. Przykład rozmieszczenia studzienek ściekowych na skrzyżowaniu oraz granic zlewni, z których woda spływa do poszczególnych studzienek.

Przykanaliki

(55) Przykanaliki są zwykle wykonywane z rur o średnicy 200 mm. Pochylenia podłużne przykanalików powinny być nie mniejsze niż 2,0%, wyjątkowo nie mniejsze niż 1,0%. Maksymalne pochylenia podłużne zależą od materiału, z którego wykonany jest przykanalik, i wynoszą:

- a) 15,0% – w przypadku przykanalika wykonanego z tworzyw sztucznych,
- b) 25,0% – w przypadku przykanalika kamionkowego lub betonowego,
- c) 40,0% – w przypadku przykanalika żeliwnego (z żeliwa sferoidalnego).

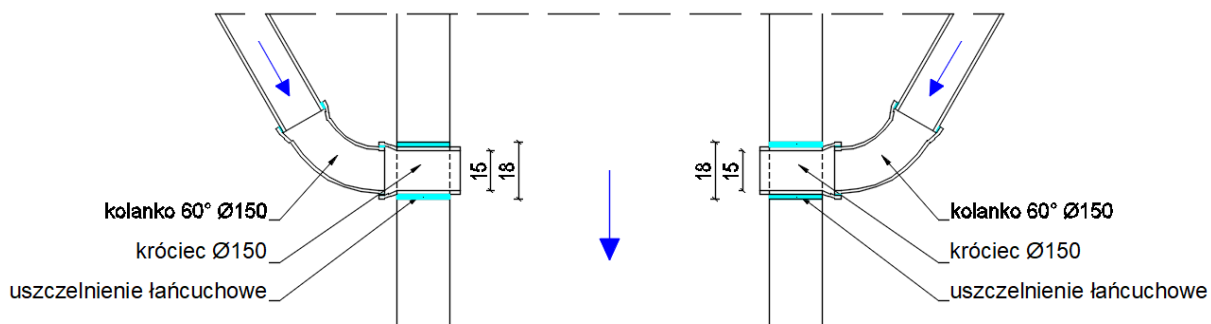
(56) Jeżeli z różnicy wysokości między wylotem studzienki wpustowej a wlotem do studzienki na kanale wychodzi większe pochylenie, to przy tej studzienki na kanale można wykonać kaskadę, o której jest mowa w akapicie (36).

(57) Przykanaliki układa się w wykopie zgodnie z zaleceniami producenta rur, zwykle na ławie z gruntu niespoistego lub kruszywa (w korzystnych warunkach gruntowych) albo z mieszanki związanej lub betonu (w niekorzystnych warunkach gruntowych) o grubości około 0,15 m z podbiciem pod rurę. Zasady odnoszące się do kanałów, o których jest mowa w akapitach od (4) do (16), odnoszą się odpowiednio także do przykanalików.

(58) Zaleca się, żeby przykanaliki były doprowadzane do kanałów w studniach połączeniowych. Jeżeli nie jest to możliwe lub lokalizacja studni połączeniowej byłaby niekorzystna, dopuszcza się podłączenie przykanalika do kanału z tworzyw sztucznych, kamionkowego lub żeliwnego, za pomocą trójkąta skośnego o kącie 45° lub odgałęzienia nasadowego, przy czym rzędna włączenia trójkąta do kanału powinna być większa o 0,20 m od rzędnej dna kanału przy średnicy kanału do 400 mm i o 0,30 m przy średnicy kanału 500 mm. Jeżeli średnica kanału jest większa od 500 mm, to rzędna włączenia trójkąta/odgałęzienia nasadowego do kanału odpowiada rzędnej w osi kanału.

(59) Przyłączenie przykanalika do kanału deszczowego za pomocą trójkąta/odgałęzienia nasadowego może być zlokalizowane w odległości nie większej niż 35 m od najbliższej studni rewizyjnej lub przyłączeniowej.

(60) W przypadku kanału betonowego lub murowanego z cegły kanalizacyjnej o większych średnicach dopuszcza się wyjątkowo wprowadzenie przykanalika bezpośrednio do kanału w osi lub powyżej jego osi, przy czym sposób połączenia nie może spowodować uszkodzenia kanału. Spoina między kanałem a wprowadzanym elementem musi być uszczelniona. Widok w planie takich włączeń pokazano przykładowo na rys. 4.7.8.15. Szczegóły takiego rozwiązania powinny być uzgodnione z gestorem sieci kanalizacji deszczowej.



Rys. 4.7.8.15. Przykład bezpośrednich włączeń przykanalików do kanału (widok w planie)

5. Odwodnienie wgłębne

5.1. Urządzenia i wymagania ogólne

(1) Odwodnienie wgłębne realizowane jest przez systemy drenażowe służące do zbierania i odprowadzania niezwiązanej wody z gruntu lub konstrukcji nawierzchni oraz do obniżania zwierciadła wód gruntowych, jeżeli wody te mogłyby pogorszyć użyteczność lub stabilność budowli ziemnej lub konstrukcji nawierzchni drogowej.

(2) Urządzenia do odwodnienia wgłębne projektuje się z uwzględnieniem wyników badań geologicznych lub geotechnicznych podłoża gruntowego. W szczególności urządzenia te powinny być dostosowane do położenia zwierciadła wody gruntowej i jego charakteru (swobodne, czy pod ciśnieniem), rodzaju gruntu, ilości wody do odprowadzenia oraz powinny zapewnić sprawne odprowadzanie wody, a także spełnienie wymagań nośności podłoża pod nawierzchnią i stateczności skarp.

(3) Do odwodnienia wgłębne dróg zalicza się:

- a) drenaż płytki – przewody drenarskie lub materiał drenujący zainstalowany na spodzie koryta drogowego lub poniżej,
- b) drenaż głęboki – przewody drenarskie zainstalowane są w gruncie poniżej granicy przemarzania i służą do obniżenia poziomu wód gruntowych.

(4) Zakres drenażu płytkiego obejmuje szybkie odprowadzenie wody zbierającej się w obrębie warstw filtracyjnych nawierzchni drogowej i ulepszonego podłoża.

(5) Zakres drenażu głębokiego obejmuje:

- a) drenaż korony drogi (stosowany w celu obniżenia poziomu wód gruntowych do poziomu wymaganego od spodu konstrukcji nawierzchni),
- b) drenaż skarp (niezbędny, gdy występują wody sączące się ze skarp lub torowisko ziemne przecina warstwa wodonośna),
- c) drenaż zabezpieczający podłoża gruntowe drogi.

(6) Elementami systemu drenażowego są:

- a) rury drenarskie do zbierania wody (perforowane),
- b) filtry ziarniste do gromadzenia wody,
- c) geosyntetyki do utrzymania stabilności (trwałości) filtrów,
- d) rury odprowadzające wodę,
- e) studzienki do kontroli i utrzymania systemu.

(7) Rury ciągu drenarskiego i rury odprowadzające wodę powinny charakteryzować się następującymi cechami:

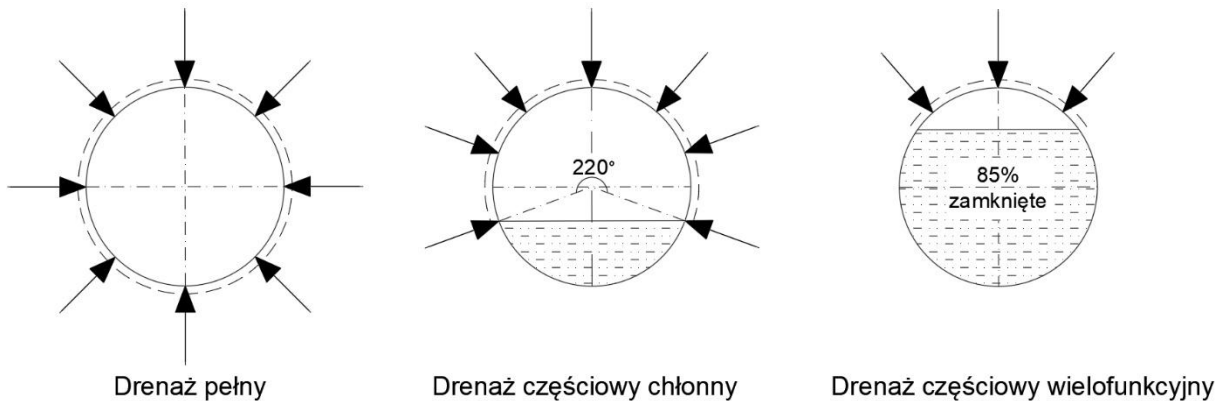
- a) sztywnością przekroju poprzecznego, aby przenieść obciążenia statyczne i dynamiczne,
- b) przepustowością hydrauliczną osiągniętą przez gładką powierzchnię wewnętrzną,
- c) wytrzymałością na działanie wody pod wysokim ciśnieniem,
- d) średnicami umożliwiającymi ich czyszczenie (zaleca się stosowanie rur o średnicy od 150 do 250 mm).

(8) Zaleca się stosowanie drenów spiralnie karbowanych, perforowanych, wyprodukowanych z tworzyw sztucznych o wymaganej trwałości, z filtrem z różnego typu włókien, spełniających wymagania określone w normie [6] lub [10], w zależności od rodzaju zastosowanych rur drenarskich i odprowadzających wodę.

(9) Rury drenarskie i dna wykopów powinny mieć podłużny spadek, przy którym prędkość przepływu odprowadzanej wody zawiera się w przedziale od 0,5 do 3,0 m/s. Podłużny spadek rur z tworzyw sztucznych z gładką powierzchnią wewnętrzną powinien być nie mniejszy niż 0,3%.

(10) Rurowe ciągi drenarskie wykonuje się jako (rys. 5.1.1):

- a) drenaż pełny, stosowany do wchłaniania wody gruntowej niezwiązanej oraz obniżania zwierciadła wód gruntowych,
- b) drenaż częściowo chłonny, którego część górna służy do wchłaniania wody z gruntu, natomiast część dolna służy do odprowadzania zebranej wody,
- c) drenaż częściowo wielofunkcyjny, wykorzystywany głównie do transportu większej ilości wód infiltrujących i gdy na danym odcinku nad funkcją chłonną przeważa funkcja przepływu.



Rys. 5.1.1. Rodzaje ciągów drenarskich z przewodem rurowym

(11) Zaleca się, aby przewody drenarskie były łączone w studzienkach drenarskich (pełniących także funkcje studzienek kontrolnych), zlokalizowanych w punktach zmiany spadku lub zmiany kierunku przebiegu kanału, lecz nie rzadziej niż co 100 m. Średnica studzienek kontrolnych jest uwarunkowana wymiarem łączonych w niej rur, głębokością posadowienia rur oraz wymaganiami mechanicznymi.

(12) Rury drenażowe, stosowane w celu zapewnienia stabilności nasypów, układa się w taki sposób, aby można było łatwo monitorować ich działanie.

(13) Zaleca się, aby woda gromadząca się w przewodach drenarskich była odprowadzana przez rozsączanie w gruncie. Dopuszcza się jej odprowadzanie do systemu kanalizacji deszczowej przez studzienki przyłączeniowe lub do rowów. Sposób odprowadzenia nie może powodować spiętrzeń wody i jej powrotu/właczania do drenażu.

(14) Jeżeli woda z drenażu odprowadzana jest na skarpe, to wylot rury powinien wystawać co najmniej 0,10 m od płaszczyzny skarpy lub obudowy wylotu, aby zapobiec przedostawaniu się mniejszych zwierząt do rury drenażowej. Jeżeli nie jest to możliwe, to otwór wylotu zabezpiecza się uchylną klapą. W tym celu stosuje się klapy burzowe zamykające się samoczynnie pod własnym ciężarem i otwierające przy wyływie. Zaleca się umocnienie skarpy w rejonie wylotu rury drenu w zależności od natężenia wyływającej wody z drenu.

(15) Głębokość systemów drenażowych dobiera się w taki sposób, aby działały one również w okresach zimowych. W przypadku drenów bez rur drenażowych co najmniej 1/3 wysokości drenu powinna się znajdować poniżej głębokości przemarzania gruntu.

(16) Wymiarowanie drenażu, który ma za zadanie ujęcie i odprowadzenie wód podziemnych, wykonuje się na podstawie wyników badań i analiz hydrogeologicznych, z uwzględnieniem ogólnych warunków podanych w WR-D-71-1.

5.2. Filtry i dreny

(1) Zadaniem filtrów i drenów jest zwiększenie przepuszczalności gruntu w wykopie, jej czasowe retencjonowanie, przerywanie istniejących spływów wód w warstwach wodonośnych, absorbowanie napływającej niezwiązanej wody gruntowej i odprowadzanie jej do kanału rozsączającego lub innego odbiornika.

(2) Jako wypełnienie filtra stosowane są niespójne materiały oraz geotekstylia.

(3) Uziarnienie materiału filtra powinno zapewniać dobrą przepuszczalność wody i równocześnie zabezpieczać przed przenikaniem drobnych cząstek z odwadnianego gruntu do filtra. Warunek stabilności filtra można sprawdzić doświadczalnie lub za pomocą reguły filtracji Terzaghi'ego, zgodnie ze wzorem (5.2.1):

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 4 \quad (5.2.1)$$

gdzie:

D_{15} – wymiar boku oczka sita, przez które przechodzi 15% ziaren materiału warstwy filtracyjnej [mm],

d_{85} – wymiar boku oczka sita, przez które przechodzi 85% ziaren gruntu podłoża, na którym ułożona jest warstwa filtracyjna [mm].

(4) Filtry wykonuje się jako jednostopniowe lub wielostopniowe. Ze względów konstrukcyjnych, także przy filtrach wielostopniowych, każda warstwa filtra powinna mieć grubość co najmniej 0,2 m.

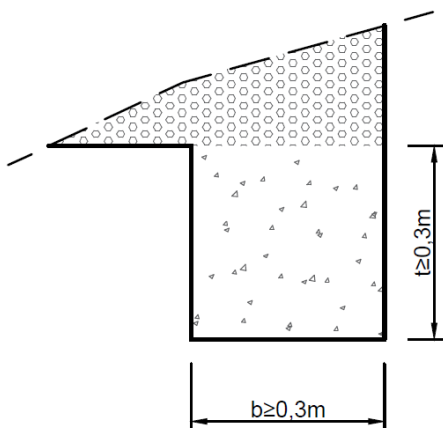
(5) Jako materiał filtracyjny zaleca się stosować kruszywo grube niełamane (okrągłe ziarno, wielkość ziaren 16/32 mm) o następującym uziarnieniu:

- a) przejście przez sito o oczku 64 mm – 100% masy próbki,
- b) przejście przez sito o oczku 44 mm – 98-100% masy próbki,
- c) przejście przez sito o oczku 32 mm – 85-89% masy próbki,
- d) przejście przez sito o oczku 16 mm – 0-10% masy próbki.

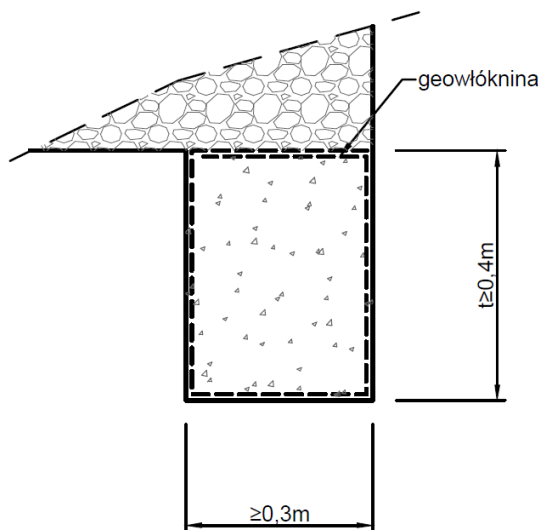
(6) Jako warstwy oddzielające filtr od gruntu używa się geosyntetyków, które muszą spełniać wymagania określone w normie [19].

(7) Dreny są rowkami wypełnionymi materiałem filtracyjnym. Dreny mogą być także wyposażone w rury drenarskie układane w dolnej części drenu, które ułatwiają przepływ wody w kierunku wylotu drenu (rys. 5.2.1).

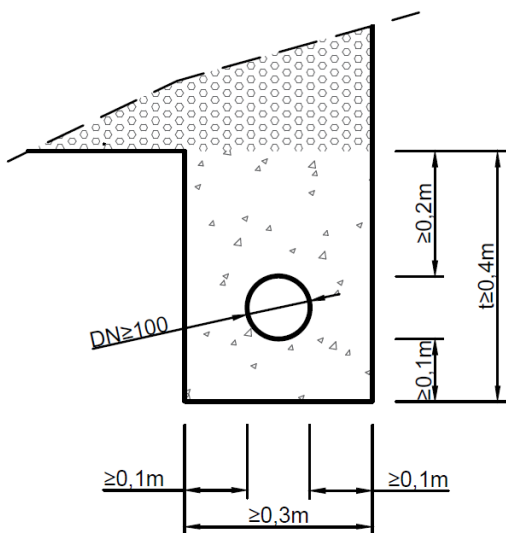
a) dren bez rury drenarskiej z filtrem jednostopniowym



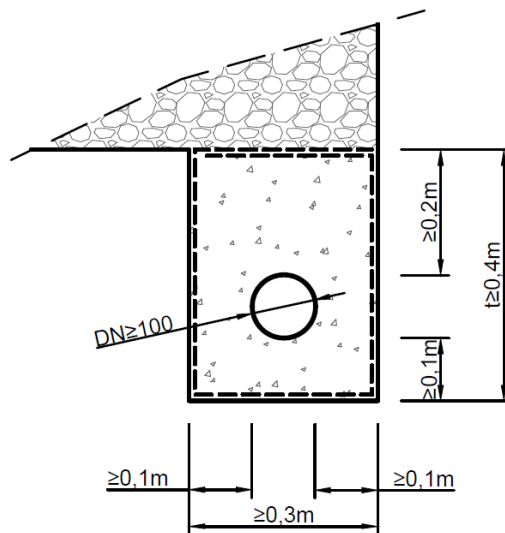
b) dren bez rury drenarskiej z warstwą separacyjną z geosyntetyku (dren francuski)



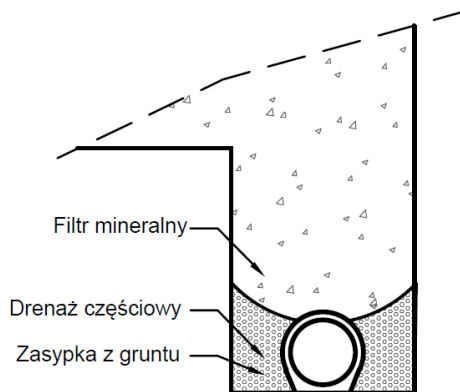
c) dren z rurą drenarską pełną z filtrem jednostopniowym



d) dren z rurą drenarską pełną z warstwą separacyjną z geosyntetyku

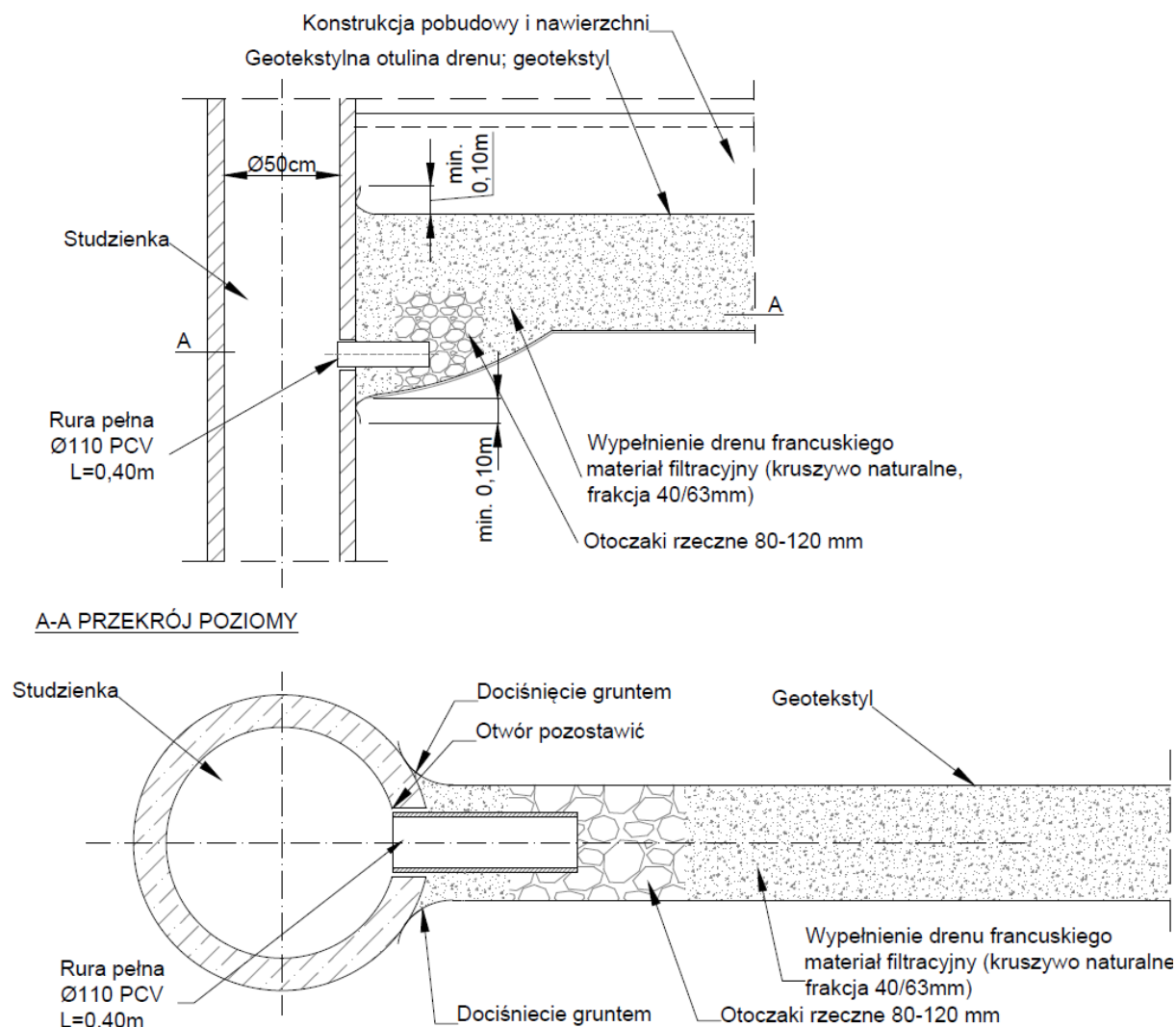


e) dren z rurą z drenażem częściowym



Rys. 5.2.1. Rodzaje drenów i ich schematyczna konstrukcja

(8) Dreny bez rur drenażowych mają mniejszą sprawność hydrauliczną w stosunku do drenów z rurami i dlatego mogą być stosowane przy ograniczonej długości drenu. Ich pochylenie podłużne powinno być nie mniejsze niż 1%, a wymiar korpusu w przekroju nie mniejszy niż $0,3 \times 0,3$ m. Długość pomiędzy przyłączeniami do odbiornika powinna być nie większa niż 100,0 m. Na przyłączy do odbiornika stosuje się dodatkowo rurę drenażową w zagłębieniu (rys. 5.2.2) lub bez zagłębienia, lecz o długości nie mniejszej niż 5,0 m.

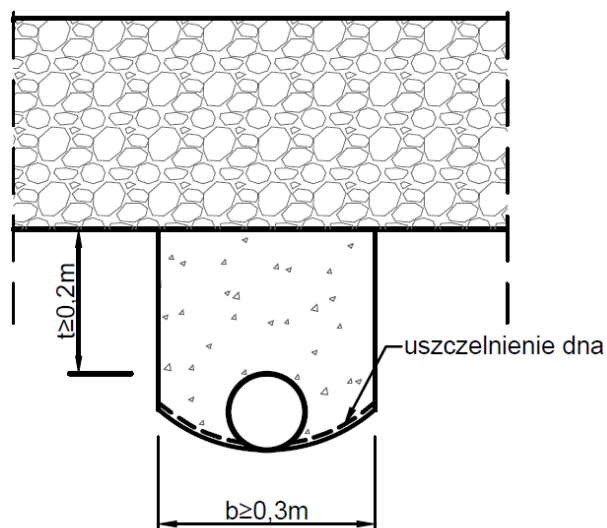


Rys. 5.2.2. Przykład połączenia drenu francuskiego z odbiornikiem (źródło: strona www producenta geosytytyku)

(9) Dreny z rurami drenażowymi są zalecaną formą drenażu podłużnego (liniowego), gdy pochylenie dna drenu jest mniejsze niż 1,0% oraz wymagana jest ich wysoka niezawodność. Mogą być przydatne jako rozwiązanie wspomagające niewystarczającą wydajność hydrauliczną warstw filtracyjnych (w takich przypadkach układa się je pod warstwami filtracyjnymi lub na ich krawędzi).

(10) Minimalne wymiary korpusu filtra z rurami drenażowymi przedstawia rys. 5.2.1. Przy filtrach jednostopniowych pod rurą drenażową pozostawia się warstwę filtracyjną o grubości co najmniej 0,1 m, a przy filtrach wielostopniowych o grubości co najmniej 0,4 m. W przypadku filtrów wielostopniowych jako drugi stopień filtracyjny stosuje się również filtr geotekstylny.

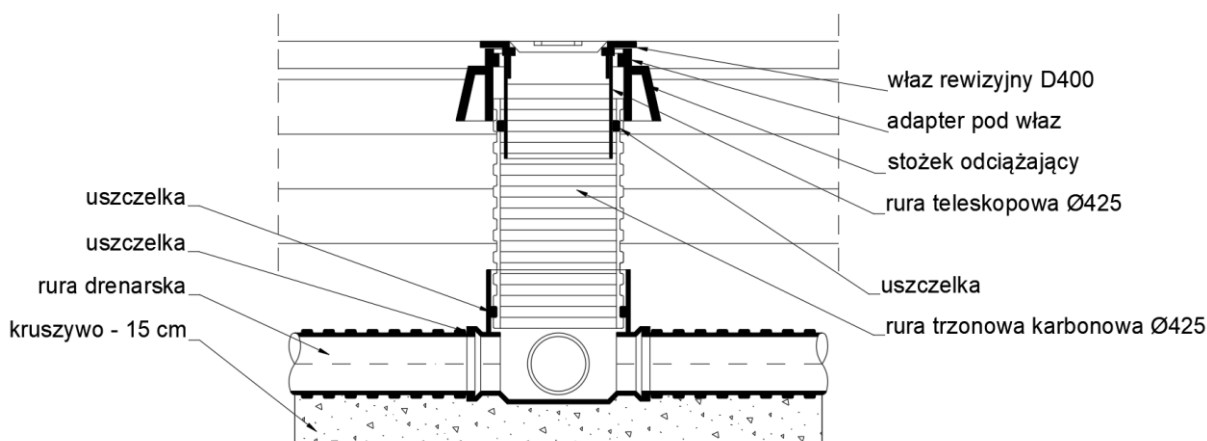
(11) W szczególnych przypadkach rury drenażowe układa się na folii uszczelniającej z tworzywa sztucznego lub na geowłókninie uszczelniającej (rys. 5.2.3). Uszczelnienie dna drenu jest konieczne w miejscach, w których woda zebrana w drenie nie powinna, ze względu na stabilność podłoża, wnikać w to podłoże (np. na zboczach).



Rys. 5.2.3. Schemat drenu z filtrem jednostopniowym z uszczelnieniem dna

(12) Załamania liniowego przebiegu rur drenażowych w planie wykonuje się przez ich odgięcie lub za pomocą kształtek, w obydwóch przypadkach ze zmianą kierunku nie większą niż 15° .

(13) Na ciągu rurowym drenarskim umieszcza się studzienki kontrolne, umożliwiające sprawdzenie drożności drenu i jego przepływanie w razie zamulenia. Mogą to być studzienki o małych rozmiarach, wykonane na przykład z tworzywa sztucznego (rys. 5.2.4). Odległości między tymi studzienkami powinny być nie większe niż 100 m.



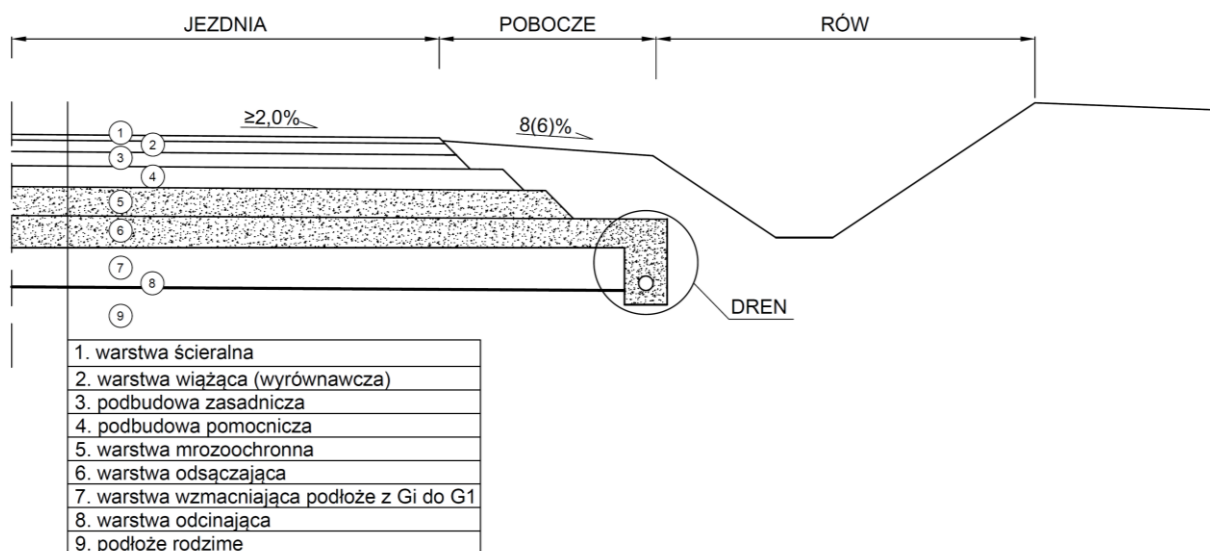
Rys. 5.2.4. Przykład studzienki drenażowej kontrolnej z tworzywa sztucznego na ciągu drenarskim

5.3. Drenaż płytki

(1) Warstwami filtracyjnymi nawierzchni drogowej i ulepszonego podłoża, z których odprowadza się wodę, są warstwy wykonane z materiałów sypkich (niezwiązanych). Mogą nimi być:

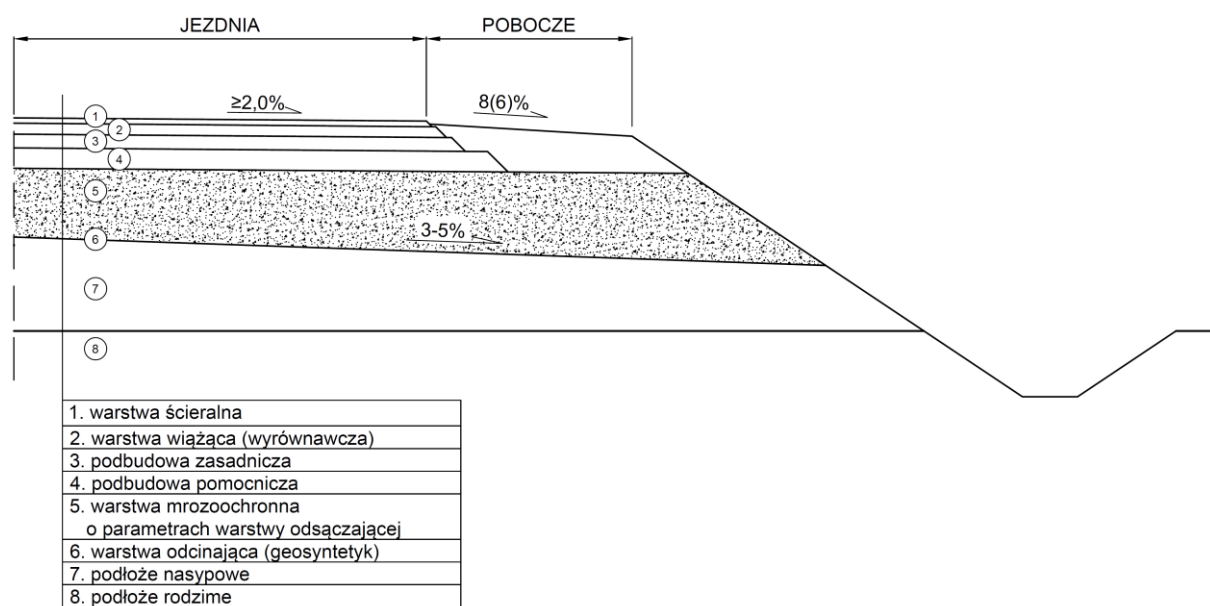
- a) warstwa podbudowy,
- b) warstwa mrozoochronna,
- c) warstwa odsączająca,
- d) warstwa wzmacniająca podłoże.

(2) Podbudowy niezwiązane (wykonane z kruszyw bez użycia chemicznych środków wiążących) mają parametry zbliżone do warstw filtracyjnych. Odprowadzenie wody z warstwy filtracyjnej nawierzchni, którą stanowi podbudowa niezwiązana, zapewnia się przez wykonanie warstwy odsączającej (rys. 5.3.1).



Rys. 5.3.1. Schemat układu warstw konstrukcyjnych nawierzchni oraz warstw ulepszonego podłoża w wykopie z elementami drenażu płytkego

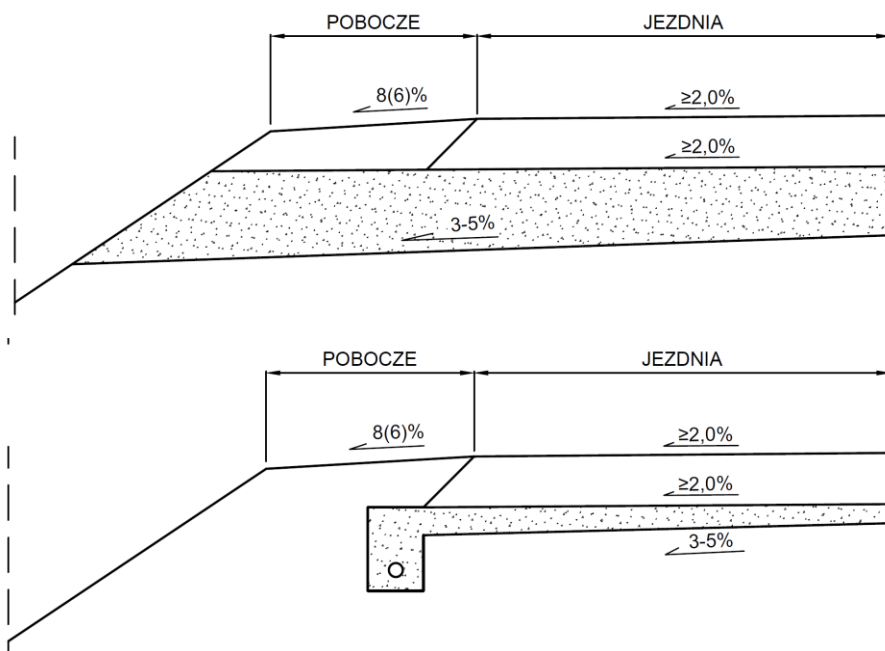
(3) Warstwę mrozochronną w przekrojach nasypowych zaleca się wykonywać z materiału o parametrach, jak dla warstwy odsączającej ($k_f \geq 10^{-4}$ m/s) na całej szerokości nasypu (rys. 5.3.2). W przypadkach uzasadnionych zaleca się wykonanie ciągu drenażowego również w nasypie, poniżej pobocza (jak w wykopie na rys. 5.3.1).



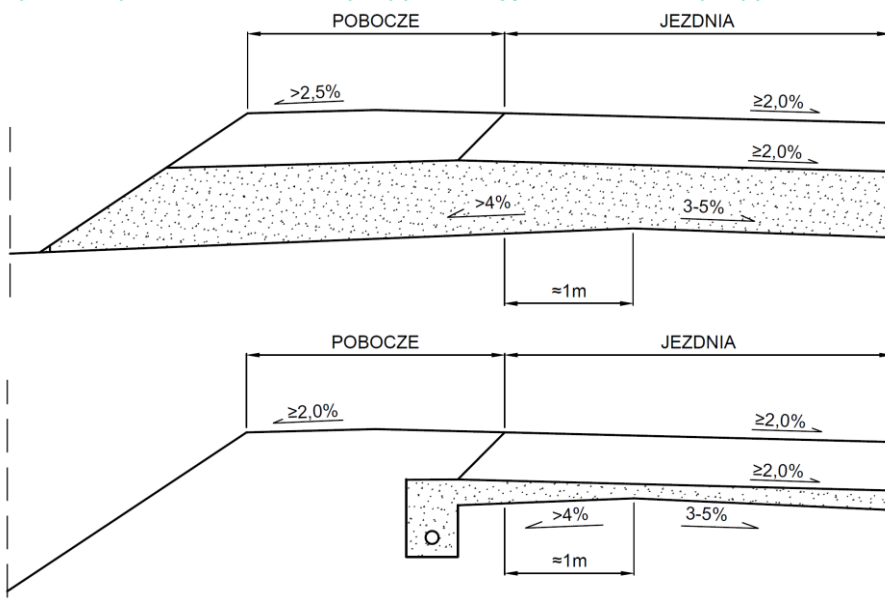
Rys. 5.3.2. Schemat układu warstw konstrukcyjnych nawierzchni oraz warstw ulepszonego podłoża na nasypie z elementami drenażu płytkego

(4) Przepuszczalność materiału zalecanego dla warstwy odsączającej powinna być większa od przepuszczalności warstwy leżącej powyżej oraz poniżej. Warstwę odsączającą wykonuje się z materiału zapewniającego współczynnik filtracji $k_f \geq 10^{-4}$ m/s. Zaleca się ustalenie grubości warstwy odsączającej zależnie od kategorii ruchu oraz szerokości jezdni. Minimalna grubość warstwy odsączającej wynosi 0,20 m. Podłoże pod warstwą odsączającą profiluje się z pochyleniem poprzecznym wynoszącym od 3 do 5% do zewnętrznej krawędzi jezdni (rys. 5.3.3).

a) na prostej – warstwa odsączająca w nasypie i warstwa odsączająca z drenażem

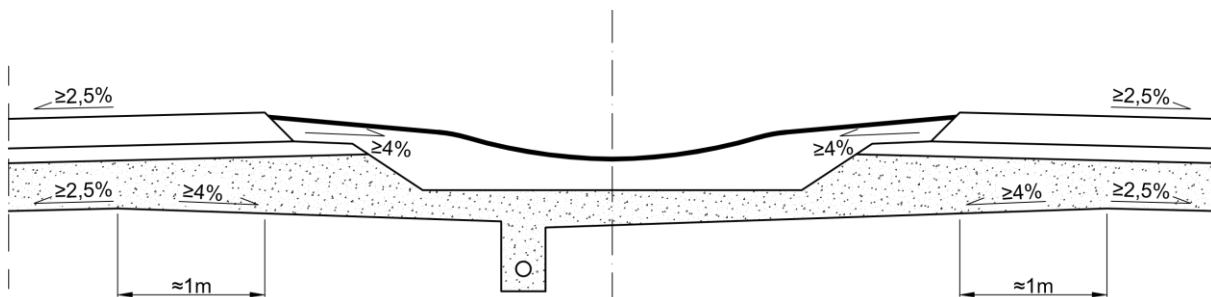


b) na łuku (krawędź zewnętrzna) – warstwa odsączająca w nasypie i warstwa odsączająca z drenażem



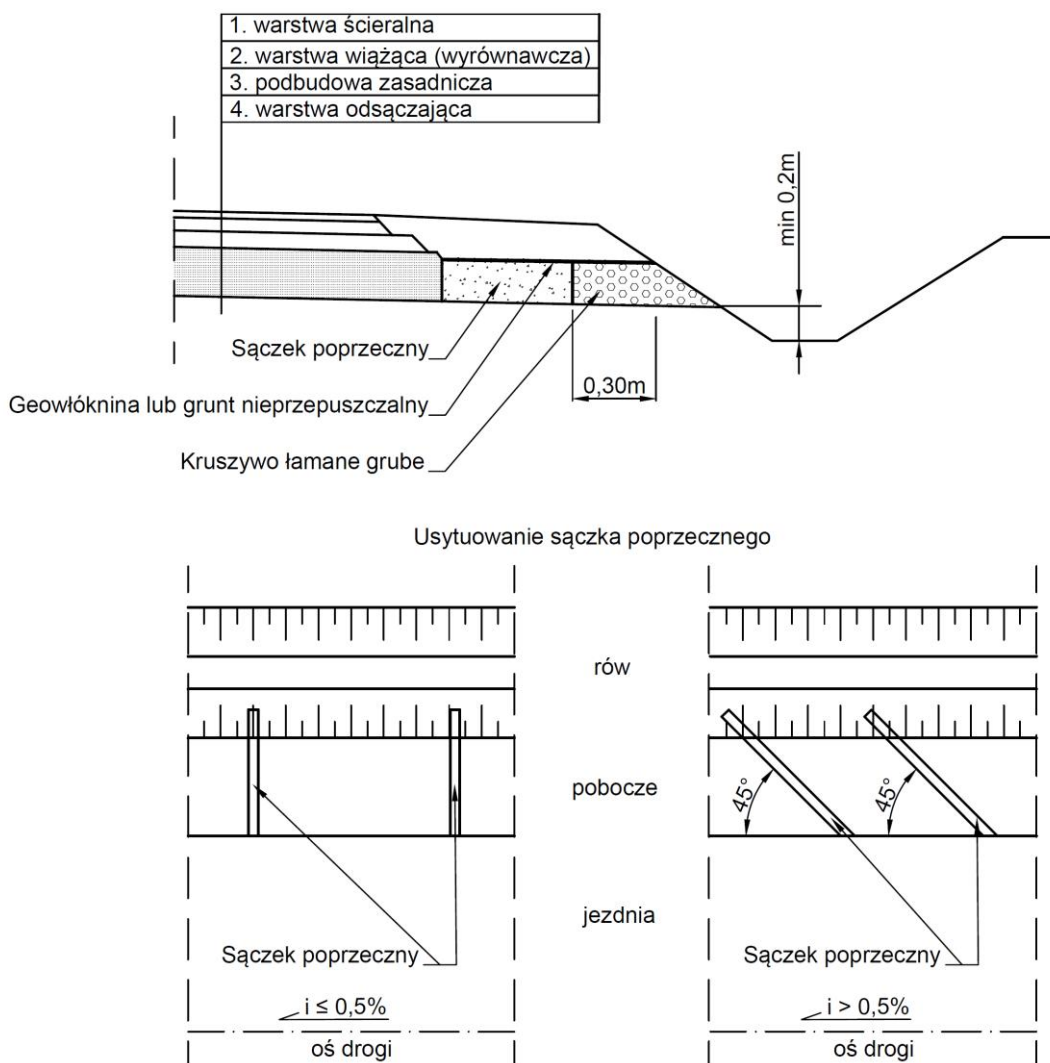
Rys. 5.3.3. Profilowanie podłoża pod warstwą odsączającą w nasypie

(5) W przypadku pasa dzielącego o nawierzchni gruntowej zaleca się stosować rozwiązania warstwy odsączającej według rys. 5.3.4.



Rys. 5.3.4. Schematy rozwiązań warstwy odsączającej połączonej z odwodnieniem pasa dzielącego o nawierzchni gruntowej

(6) Zalecanym sposobem odprowadzenia wody z warstwy odsączającej w wykopie jest drenaż ułożony na krawędzi warstwy (rys. 5.3.3) lub w pasie dzielącym (rys. 5.3.4). Górę rury drenażowej w drenie poniżej warstw filtracyjnych umieszcza się co najmniej 0,20 m poniżej odwadnianego podłoża. W szczególnych przypadkach (np. odtwarzanie zabytkowych nawierzchni przepuszczalnych, nawierzchnie brukowane bez spoinowania) dopuszcza się odprowadzenie wody z warstwy odsączającej przez zastosowanie sączków poprzecznych o konstrukcji pokazanej na rys. 5.3.5.



Rys. 5.3.5. Schemat ułożenia sączków poprzecznych odprowadzających wodę z warstwy odsączającej

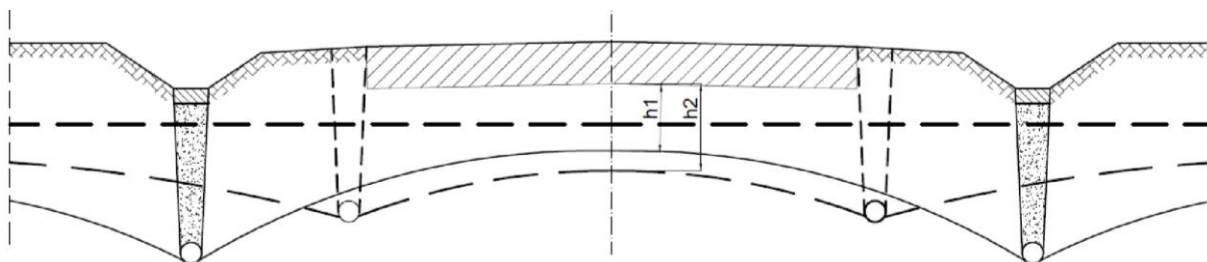
(7) Jeżeli na granicy podłoża gruntowego i warstwy filtracyjnej nie jest spełniony warunek stabilności filtra, opisany w podrozdziale 5.2 akapit (3) regułą filtracji Terzaghi'ego, warstwę odsączającą oddziela się od podłoża gruntowego warstwą odcinającą. Warstwę odcinającą zaleca się wykonywać z geowłóknin o odpowiednich parametrach. Zalecane są geowłókniny o parametrach rozdzielająco-wzmacniających. Można także stosować materiały sypkie spełniające warunek stabilności filtra zgodnie z wymaganiem podanym w podrozdziale 5.2.

5.4. Drenaż głęboki

5.4.1. Drenaż korony drogi

(1) Jeżeli wymagane odległości pomiędzy najniższym punktem spodu konstrukcji nawierzchni a poziomem wód gruntowych nie mogą być spełnione na etapie projektowania niwelety drogi, obniża się istniejący poziom zwierciadła wody gruntowej stosując drenaż korony drogi.

(2) Dreny umieszcza się w gruncie w sposób nie utrudniający ich utrzymania i naprawy. Zaleca się umieszczanie drenów pod poboczem lub w osi rowów z uszczelnieniem ich dna (rys. 5.4.1.1). Wybór schematu rozwiązania warunkowany jest pożądanym obniżeniem poziomu wody gruntowej i względami wykonawczymi.



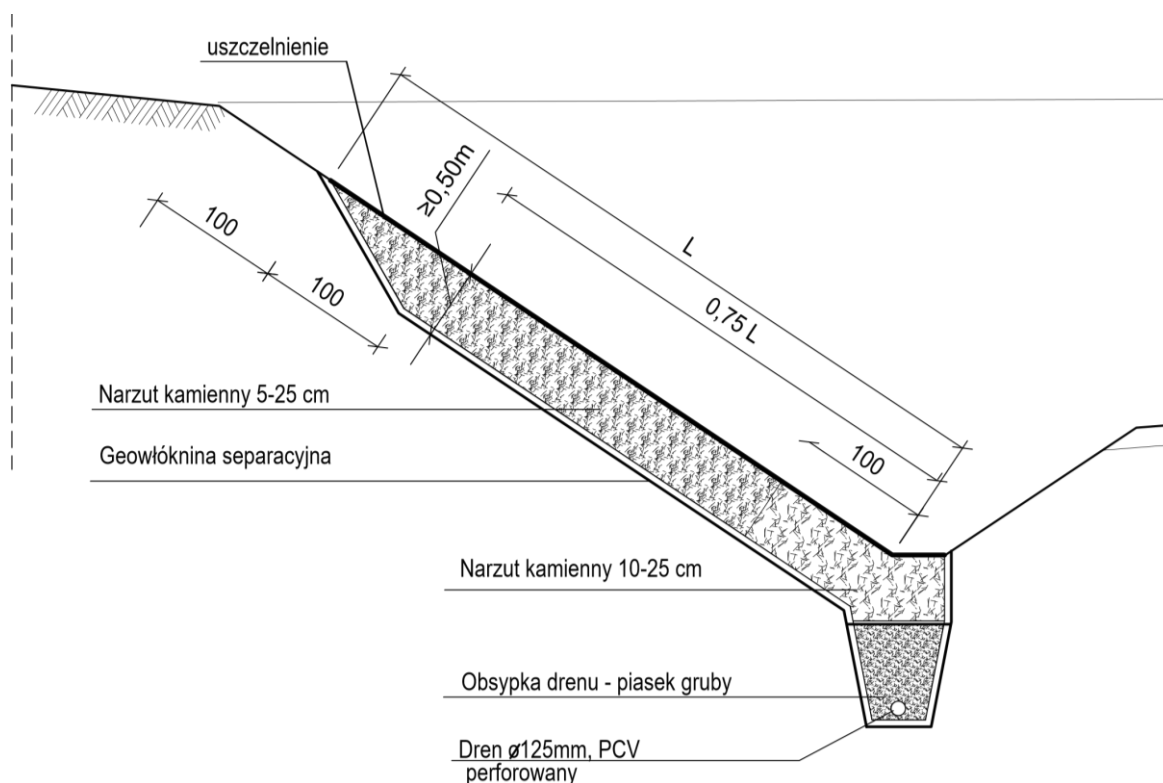
Rys. 5.4.1.1. Schematy drenażu obniżającego zwierciadło wody gruntowej

(3) Wymagania w stosunku do konstrukcji drenów określone są w podrozdziale 5.2.

5.4.2. Drenaż skarp

Warstwa odsączająca skarpę

(1) Celem stosowania warstwy odsączającej ułożonej na skarpi wykopu (drenaż płytowy skarpy) jest wchłanianie wody gruntowej przesączającej się z powierzchni skarpy i odprowadzenie jej do rowu lub drenażu głębokiego. Tym sposobem można zapobiegać erozji powierzchniowej lub splotom skarp (rys. 5.4.2.1).



Rys. 5.4.2.1. Przykład ułożenia warstwy odsączającej na skarpi i odprowadzenia wody

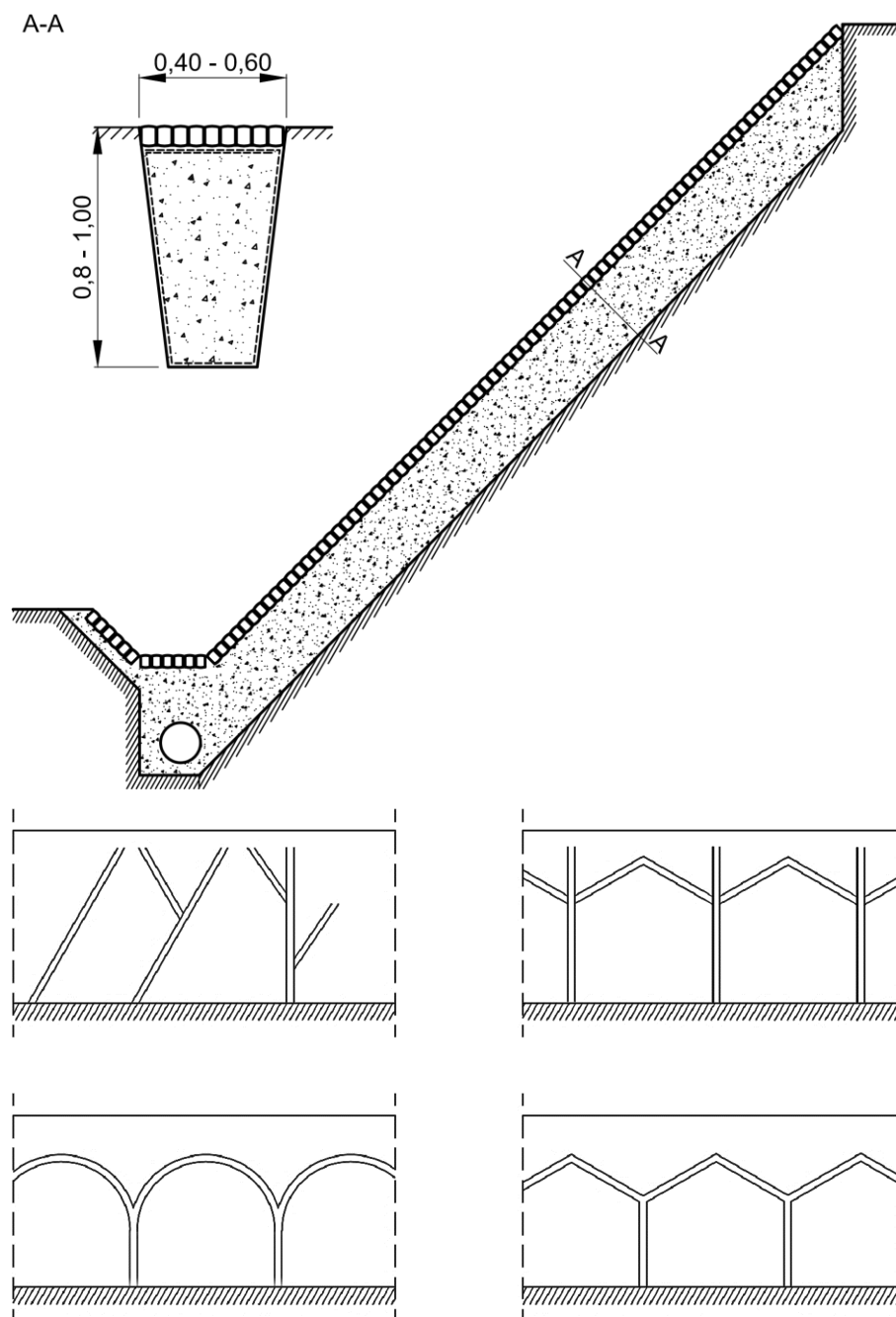
(2) Nachylenie skarpy, na której możliwe jest ułożenie warstwy odsączającej, zależy od wytrzymałości na ścinanie materiału filtracyjnego oraz od ciśnienia sphywowego wody gruntowej, natomiast grubość warstwy odsączającej zależy do warunków miejscowych, wymaganej stateczności skarpy i od ilości wody gruntowej do odprowadzenia. Jako minimalną grubość przyjmuje się 0,5 m.

(3) Skarpę z ułożoną warstwą odsączającą zabezpiecza się przed przesiąkaniem wód opadowych z powierzchni przez warstwę spoistego gruntu o grubości minimum 0,2 m, obsianego trawą.

(4) Materiał warstwy odsączającej powinien spełniać wymagania stabilności filtra podane w podrozdziale 5.2 akapit (3). Warstwę tę wykonuje się jako filtr jedno- lub wielostopniowy.

Dreny skarpowe poprzeczne

(5) Celem stosowania sączków skarpowych poprzecznych jest przejmowanie wycieków wody z warstw wodonośnych przeciętych skarpą wykopu o lokalnym zasięgu (rys. 5.4.2.2).



Rys. 5.4.2.2. Przykładowy przekrój sączka skarpowego i schematy jego rozmieszczenia na skarpie

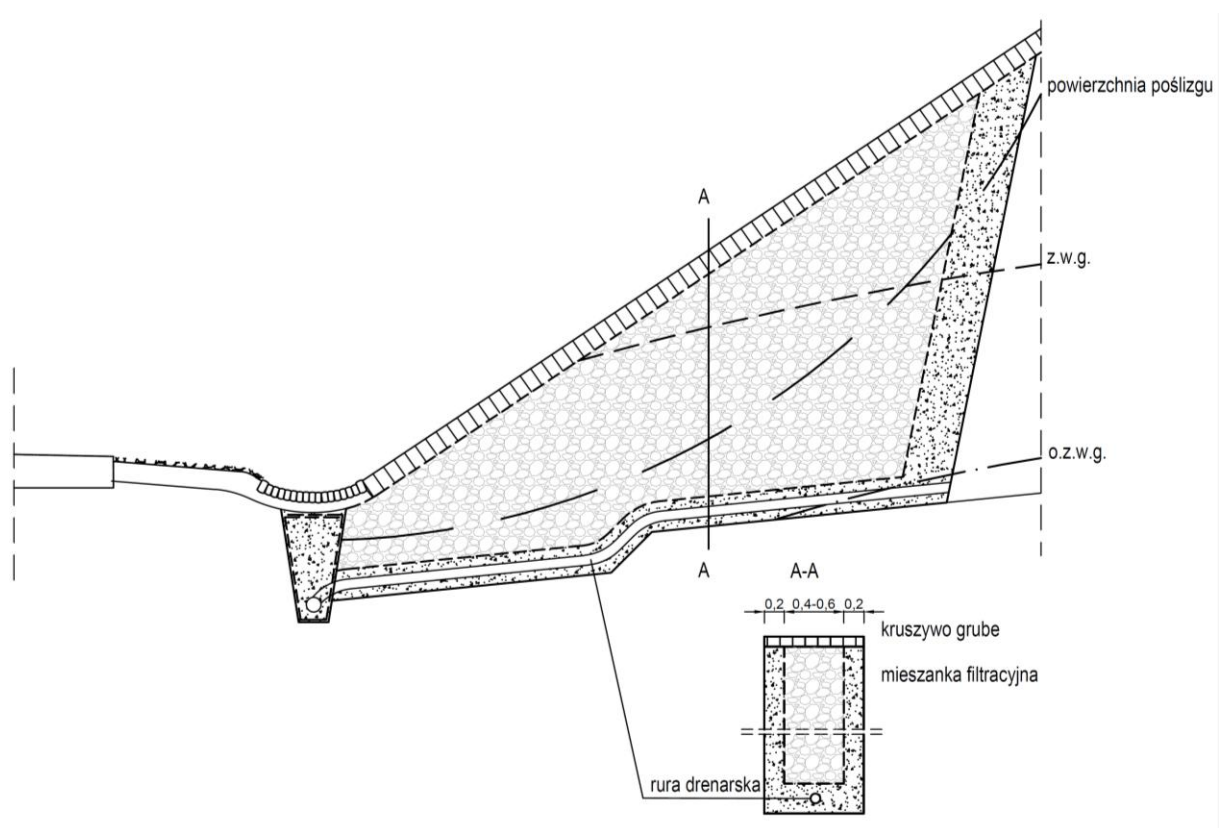
(6) Dreny skarpowe powinny spełniać ogólne wymagania materiałowe i stabilności filtra podane w podrozdziale 5.2. Zaleca się wykonywać dreny z grubego materiału kamiennego otoczonego geowłókniną spełniającą wymagania stabilności filtra.

(7) Dreny skarpowe umieszcza się w skarpie na głębokości od 0,8 do 1,0 m, a ich średnia szerokość powinna być nie mniejsza niż 0,5 m.

(8) Dreny skarpowe zabezpiecza się przed przesiąkaniem wód opadowych przez ich zamknięcie szczelnym brukiem lub przez warstwę spoistego gruntu o grubości nie mniejszej niż 0,2 m, obsianego trawą.

Drenaż przyporowy

(9) Drenaż przyporowy wykonuje się poniżej warstwy wodonośnej i powierzchni poślizgu, wcinając się prostopadle do zbocza wąsko-przestrzennymi wykopami i wypełniając je materiałem z kamienia łamanego na szerokości od 0,3 do 0,6 m węższej niż wykop, z obustronną obsypką z pospółki stabilnej filtracyjnie. Pomiędzy obsypką i właściwym drenażem przyporowym zaleca się wykonanie pionowej wkładki geotekstylnej (rys. 5.4.2.3).



Rys. 5.4.2.3. Schemat drenażu przyporowego

(10) Elementem drenażu przyporowego jest ciąg drenarski zbierający wodę, zbudowany z poprzecznej rury drenarskiej i filtra. Woda z ciągu drenarskiego odprowadzana jest do odbiornika.

(11) Całkowitą szerokość wykopu do wykonania drenażu przyporowego przyjmuje się od 1,2 do 2,0 m.

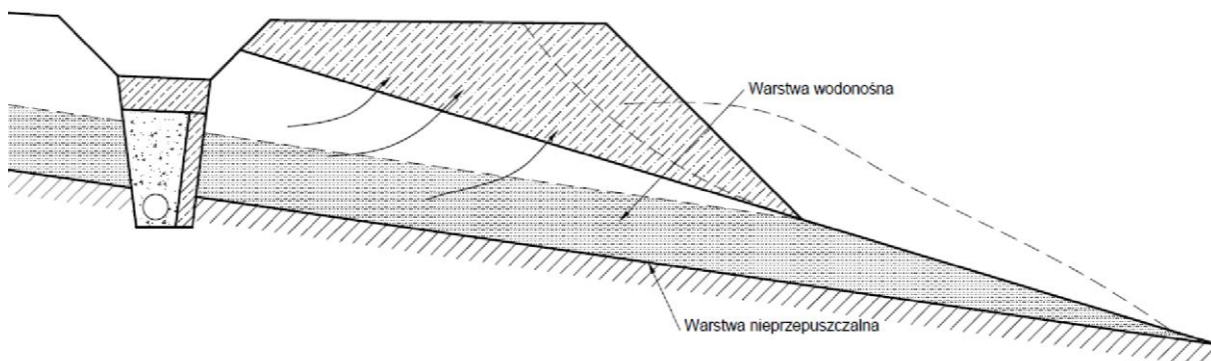
(12) W przypadku wystąpienia lub zagrożenia osunięcia skarpy, drenaż podporowy wykonuje się do poziomu co najmniej 1,0 m poniżej wyznaczonej powierzchni poślizgu.

(13) Odstęp pomiędzy kolejnymi drenażami przyporowymi przyjmuje się na podstawie doświadczeń z już stosowanymi drenażami i zwykle wynosi on od 10,0 do 20,0 m.

(14) Drenaże przyporowe zabezpiecza się przed przesiąkaniem wód opadowych przez ich zamknięcie szczelnym brukiem lub przez warstwę spoistego gruntu o grubości nie mniejszej niż 0,2 m, obsianego trawą.

5.4.3. Drenaż zabezpieczający podłoże gruntowe

(1) Do ochrony podłoża gruntowego przed bocznym dopływem wód gruntowych i infiltracyjnymi do podłoża gruntowego drogi stosuje się drenaż zabezpieczający w formie drenu wykonanego równoległe do skarpy wykopu. Typowym rozwiązaniem jest umieszczenie drenu pod dnem rowu (rys. 5.4.3.1).



Rys. 5.4.3.1. Schemat drenażu zabezpieczającego przed bocznym napływem wody do podłoża gruntowego drogi

- (2) Dren z rurą drenarską zagłębia się poniżej spodu warstwy wodonośnej, a jego szerokość przy zastosowaniu filtra wielowarstwowego powinna być nie mniejsza niż 1,0 m.
- (3) Dren powinien spełniać ogólne wymagania podane w podrozdziale 5.2.
- (4) Drenaż zabezpiecza się przed przesiąkaniem wód opadowych warstwą spoiстого gruntu o grubości nie mniejszej niż 0,2 m, obsianego trawą.

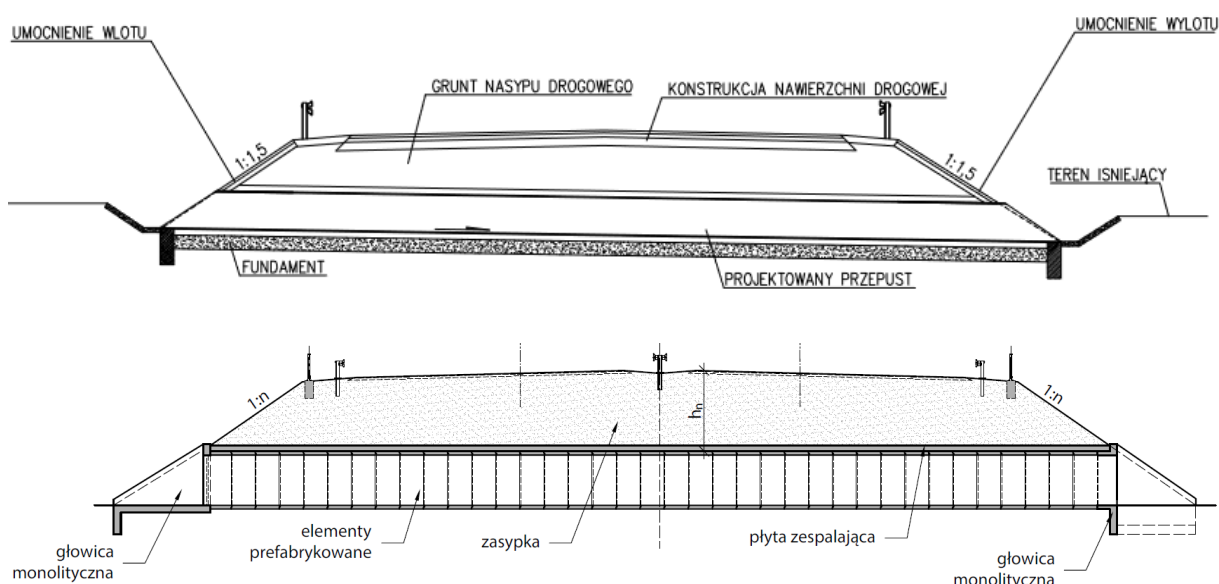
6. Przepusty

6.1. Wymagania ogólne

(1) Przepusty stosowane w odwodnieniu dróg, to budowle przeznaczone do przeprowadzenia ciągu wodnego (względnie ciągu wodnego połączonego ze szlakiem wędrówek zwierząt dziko żyjących lub dodatkowych urządzeń technicznych przez korpus drogi). Charakteryzują się one zwykle przekrojem zamkniętym, najczęściej kołowym (przepusty rurowe), prostokątnym (przepusty ramowe) lub owalnym (przepusty z profili specjalnych). Do przepustów można zaliczyć także budowle nie mające przekroju zamkniętego, wbudowane w budowlę ziemną, jeżeli nie spełniają one kryterium konstrukcji mostu.

(2) Jeżeli warunki przeprowadzenia ciągu wodnego (względnie ciągu wodnego połączonego ze szlakiem wędrówek zwierząt dziko żyjących lub dodatkowych urządzeń technicznych przez korpus drogi) umożliwiają alternatywne zastosowanie przepustu lub mostu, to o wyborze jednego z tych rozwiązań powinna decydować analiza kosztów i korzyści.

(3) Konstrukcja przepustu składa się z trzech zasadniczych części, tj. głowicy wlotowej lub obudowy wlotu, segmentów środkowych przepustu posadowionych na fundamencie, głowicy wylotowej lub obudowy wylotu (rys. 6.1.1). Głowice, podwaliny i obudowy (wlotowa i wylotowa) pełnią rolę elementów stabilizujących cały przepust oraz zabezpieczają segmenty środkowe od przemarzania.



Rys. 6.1.1. Przykładowe schematy konstrukcji przepustu drogowego

(4) Przepusty hydrauliczne z uwagi na przeznaczenie dzielą się na:

- a) drogowy – przeprowadzające wodę w naturalnych ciekach lub w rowach przez drogową budowlę ziemną,
- b) pod zjazdami, wyjazdami lub wjazdami – zapewniające ciągłość przepływu wody w rowach, przez które przechodzą zjazdy, wyjazdy lub wjazdy,
- c) wielofunkcyjne (zespolone) – przeprowadzające wodę w naturalnych ciekach lub w rowach przez drogową budowlę ziemną oraz pełniące jednocześnie funkcję przepustu dla zwierząt lub przepustu technicznego.

(5) Przepusty wykonuje się z różnych materiałów i przy wykorzystaniu różnych technologii zapewniających łącznie ich trwałość i dostosowanie do pełnionej funkcji.

(6) Wymiary przepustu i kształt przekroju poprzecznego ustala się w zależności od jego przeznaczenia z uwzględnieniem dodatkowych wymagań eksploatacyjnych i utrzymania. Wymiary przepustów hydraulicznych określa się na podstawie obliczeń hydraulicznych podanych w WR-M-12 i z uwzględnieniem ograniczeń podanych w akapicie (6). W przypadku

przepustów wielofunkcyjnych uwzględnia się także uwarunkowania wynikające z decyzji środowiskowej.

(7) Spełnienie warunków utrzymania wymaga zastosowania przepustów o wymiarach umożliwiających ich łatwe czyszczenie oraz wykonywanie innych zabiegów eksploatacyjnych. Minimalne wymiary przepustów powinny być nie mniejsze niż określone w WR-M-12.

(8) Przepusty drogowe mogą powodować spiętrzenie wody przed ich wlotami. Jeżeli takie spiętrzenie występuje, sprawdza się w obliczeniach hydraulicznych poziom spiętrzenia wody i ocenia się, czy nie będzie to powodowało rozlewisk na przyległe tereny lub innych szkód.

(9) Jeżeli określone na podstawie obliczeń hydraulicznych wymiary przepustu rurowego wymagałyby zmian niwelety drogi lub powodowałyby niedopuszczalne spiętrzenie wody przed wlotem do przepustu, to stosuje się przepusty wielootworowe o liczbie otworów nie większej niż 3, których łączna przepustowość hydrauliczna nie może być mniejsza niż 1,5 wymaganej przepustowości. Dla każdego z pojedynczych przepustów tworzących przepust wielootworowy powinien być spełniony warunek podany w akapicie (6). Alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie przepustu skrzynkowego o zwiększonej szerokości, względnie przepustów o spłaszczonych przekrojach niekołowych (np. profile paraboliczne i dzwonowe).

(10) Oś przepustu zaleca się prowadzić prostopadle do osi drogi, a jeżeli nie jest to możliwe, to kąt skrzyżowania między osią przepustu a osią drogi powinien być nie mniejszy niż 60° . Dopuszcza się kąt mniejszy niż 60° na istniejących ciekach wodnych przy braku możliwości korekty osi cieku lub gdy taka korekta nie jest uzasadniona ekonomicznie lub niekorzystna ze względów środowiskowych.

(11) Dno przepustu hydraulicznego powinno mieć pochylenie podłużne, zapewniające pokonanie oporów ruchu wody w przepuście przy przepływie miarodajnym, a także dostosowane do warunków napełnienia przepustu. Jeżeli zastosowanie takiego pochylenia wymagałoby nadmiernego podniesienia wlotu przepustu ponad naturalne dno cieku lub obniżenia jego wylotu poniżej dna cieku, to pochylenie powinno być odpowiednio skorygowane. Pochylenie nie może być jednak mniejsze niż 0,5% z uwagi na niebezpieczeństwo nadmiernego zamulenia dna przepustu. Maksymalne pochylenie dna przepustu wynika z ograniczeń konstrukcyjnych oraz z dopuszczalnej prędkości przepływu wody w przepuście i nie powinno być większe niż:

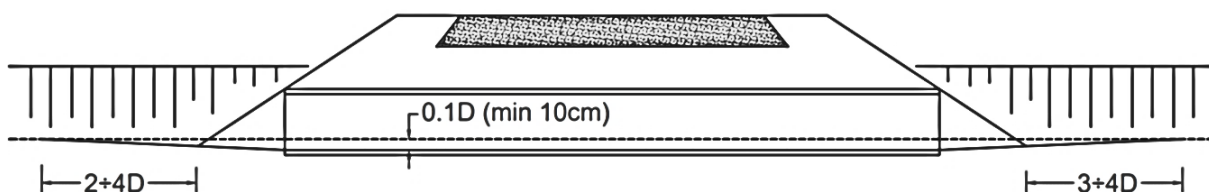
- a) 3,5 m/s – dla przewodu przepustu o wysokości nie większej niż 1,5 m,
- b) 3,0 m/s – dla przewodu przepustu o wysokości większej niż 1,5 m.

(12) Ze względów konstrukcyjnych ogranicza się dopuszczalne pochylenie podłużne przepustu hydraulicznego:

- a) do 4,0% – w przypadku rur betonowych i stalowych,
- b) do 10,0% – w przypadku rur z tworzyw sztucznych.

(13) W zależności od prędkości doływu wody do przepustu i prędkości na wylocie z przepustu stosuje się umocnienia jego wlotu i wylotu zgodnie z zasadami podanymi w WR-M-12.

(14) Ze względu na utrzymanie ciągłości ekosystemu w rowach melioracyjnych i ciekach prowadzących w sposób stały wodę, zaleca się obniżenie dna przepustu hydraulicznego o wartość $0,1D$, lecz nie mniej niż o 0,10 m (rys. 6.1.2). Obniżenie na wlocie uzyskuje się przez zwiększenie pochylenia dna cieku na wlocie do przepustu o dodatkowe 10%, natomiast na wylocie stopniowo wyrównuje się tą różnicę albo stosuje krótki odcinek o przeciwnym pochyleniu dna.

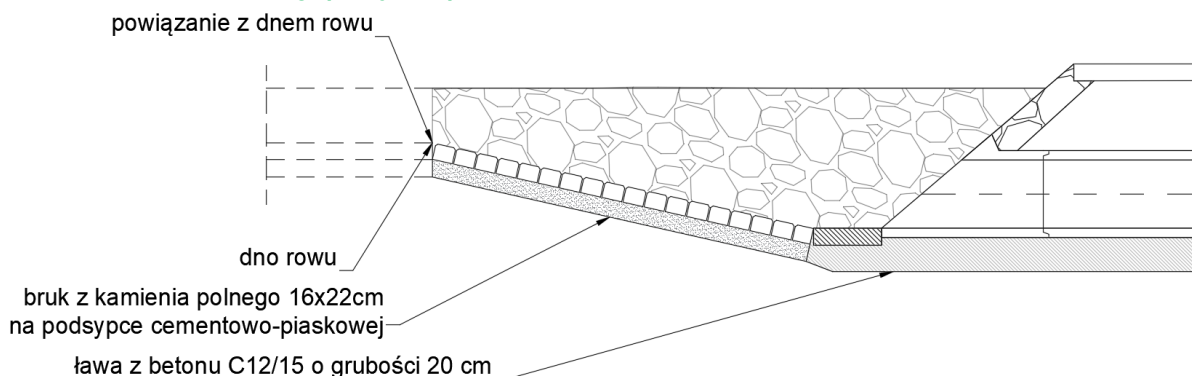


Rys. 6.1.2. Schemat obniżenia dna przepustu w ciągu naturalnego cieku

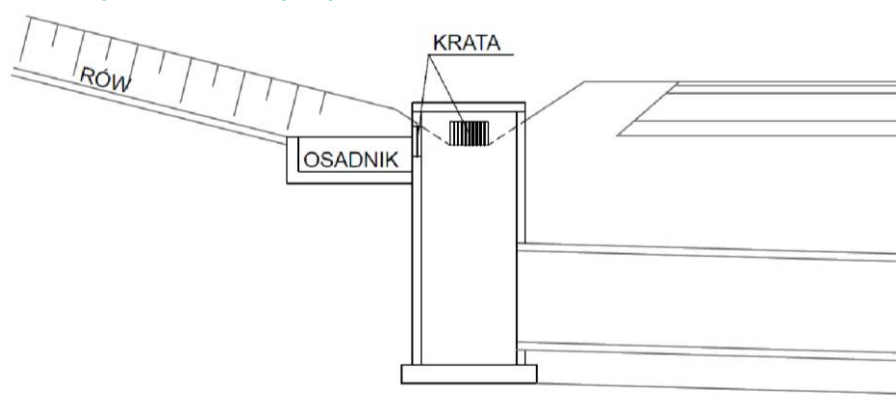
(15) W przypadku lokalizacji przepustu w terenie o dużym pochyleniu, aby nie przekroczyć maksymalnej wartości prędkości przepływu wody w przepuście, dopuszcza się obniżenie wlotu

przepustu przez zastosowanie kaskad lub umocnienia na wlocie albo studni wpadowej i w razie potrzeby osadnika przed wlotem do studni (rys. 6.1.3).

a) zastosowanie umocnionego pochylenia przed wlotem



b) zastosowanie studni przed wlotem do przepustu



Rys. 6.1.3. Przykłady obniżenia wlotu przepustu w stosunku do niwelety rowu

6.2. Przepusty drogowe

(1) Głowice przepustu lub stosowane zamiennie obudowy wlotu/wylotu powinny zapewniać stabilność drogowej budowli ziemnej oraz segmentów środkowych przepustu, a także chronić przed infiltracją wody w gruncie wzdłuż przepustu. Wyróżnia się następujące formy głowic:

- czołowa wykonana jako ściankach umieszczona równoległe do osi drogi (prostopadle do osi przepustu),
- o skrzydłach prostopadłych lub ukośnych do osi drogi,
- kołnierzowa.

(2) W zależności od lokalnych uwarunkowań i wymagań sprawności hydraulicznej przepustu mogą być stosowane inne rodzaje głowic, niż wymienione w akapicie (1).

(3) Wybór rodzaju głowicy zależy od:

- wymaganej sprawności hydraulicznej, co wynika z wpływu kształtu głowicy na wielkość miejscowych strat hydraulicznych,
- wysokości głowicy i przejmowanego parcia gruntu wpływającego na jej stateczność,
- konstrukcji i technologii wykonania segmentów środkowych przepustu, w tym możliwości stosowania elementów prefabrykowanych,
- potrzeby stosowania umocnień wlotu i wylotu przepustu.

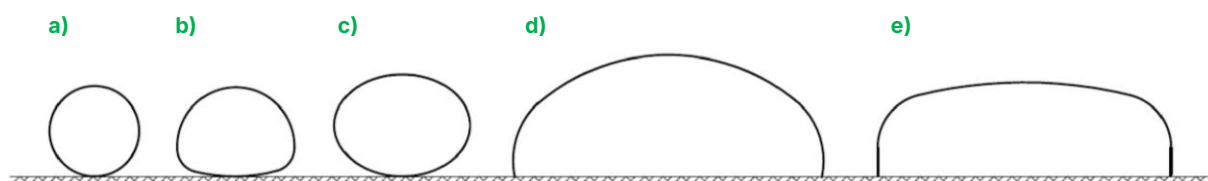
(4) Zaleca się stosowanie głowic wlotowych o kształtach umożliwiającym swobodny dopływ wody do przepustu.

(5) Głowice i sekcje środkowe przepustu posadowia się na fundamencie o konstrukcji zależnej od charakterystyki podłoża, na którym posadowiony jest przepust. Projekt posadowienia

(8) Jeżeli warunek opisany w akapicie (7) nie może być spełniony, na podłożu układa się warstwę odcinającą lub odpowiednio dobraną geowłókninę.

(9) Typowe przepusty ramowe żelbetowe monolityczne lub prefabrykowane oraz przepusty rurowe wykonuje się zgodnie z wymaganiami materiałowymi i technologicznymi podanymi w WR-M-21-1 w zeszycie katalogowym Z1.

(10) Przepusty gruntowo-powłokowe z blach falistych mogą być wykonywane jako przepusty o przekroju zamkniętym lub jako przepusty z zachowaniem naturalnego koryta cieku (rys. 6.2.2).



Rys. 6.2.2. Przykładowe schematy konstrukcji przepustów gruntowo-powłokowych: a) kołowy; b) łukowo-kołowy; c) eliptyczny; d) łukowy; e) ramownicowy

(11) Przepusty gruntowo-powłokowe z blach falistych charakteryzują się szybkością i łatwością montażu oraz są odporne na odkształcenia podłoża, na którym są posadowione, co powoduje, że mogą być stosowane także na zagęszczonych gruntach nasypowych. Przy tego typu przepustach należy zwrócić jednak uwagę na zagwarantowanie ochrony przeciwkorozyjnej (przez zastosowanie materiałów najwyższej jakości, wysokich standardów montażu oraz takie ukształtowanie naziomu, aby sklepienie przepustu nie było poddawane ciągłemu oddziaływaniu wilgoci). Dodatkowo z uwagi na falisty kształt dna przepustu należy przyjąć odpowiednio duże spadki przepustu oraz konstrukcję jego wlotu i wylotu, aby na jego długości nie dochodziło do zgromadzenia rumowiska.

(12) Głowice lub obudowy przepustów gruntowo-powłokowe z blach falistych wykonywane są zwykle jako kołnierze w formie oczepu lub obrukowania wokół profili ściętych ukośnie w dostosowaniu do pochylenia skarp nasypu.

(13) Ogólne wymagania materiałowe i technologiczne wykonywania przepustów gruntowo-powłokowych z blach falistych podane są w WR-M-21-1 w zeszycie katalogowym Z3.

(14) W projektowaniu przepustu gruntowo-powłokowego powinno się dodatkowo uwzględniać warunki podane przez producenta powłok, biorąc pod uwagę funkcję przepustu i jego najważniejsze parametry (wymiary skrajni, minimalny naziom, inne obciążenia i dodatkowe uwarunkowania). Na tej podstawie należy przyjąć typ przekroju poprzecznego, charakterystyki techniczne blach falistych, sposób posadowienia, a także określić charakterystykę gruntu otaczającego konstrukcję i stopień jego zagęszczenia.

6.3. Przepusty pod zjazdami, wyjazdami i wjazdami

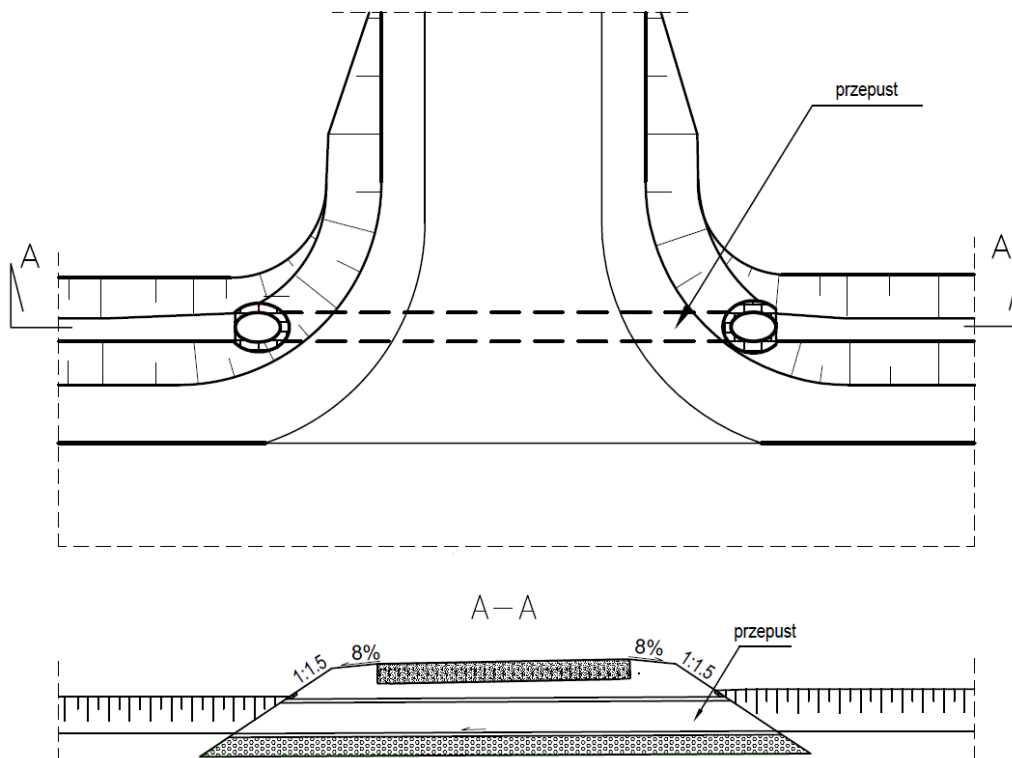
(1) Jeżeli przez rów drogowy prowadzony jest zjazd, wyjazd lub wjazd, to wówczas wykonuje się pod nimi przepust (rys. 6.3.1).

(2) Jeżeli zjazd, wyjazd lub wjazd wykonywany jest przez ciek wodny, to przepust pod zjazdem projektuje się zgodnie z zasadami podanymi w podrozdziałach 6.1 i 6.2.

(3) Kształt przekroju poprzecznego przepustu i jego wymiary powinny zapewniać przepływ wody w rowie odpowiadający natężeniu deszczu miarodajnego, który został przyjęty do wymiarowania przekroju poprzecznego rowu.

(4) Średnica przepustu rurowego oraz szerokość i wysokość przepustu prostokątnego powinny być nie mniejsze niż:

- a) 0,40 m – w przypadku przepustów krótszych niż 6,00 m,
- b) 0,50 m – w przypadku przepustów o długości od 6,00 do 10,00 m,
- c) 0,60 m – w przypadku przepustów o długości większej niż 10,00 m.

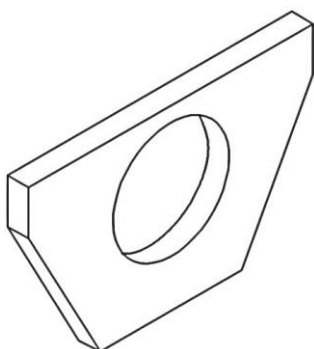


Rys. 6.3.1. Schemat przepustu rurowego pod zjazdem

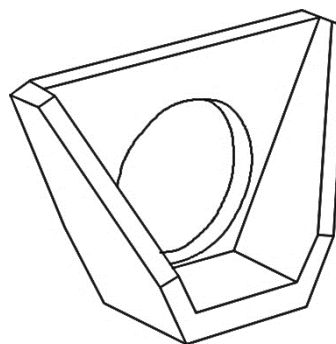
(5) Głowice przepustu pod zjazdem, wyjazdem lub wjazdem wykonuje się z prefabrykatów jako (rys. 6.3.2):

- a) ścianki czołowe prostopadłe do osi przepustu,
- b) ścianki ze skrzydełkami równoległymi lub skośnymi,
- c) obudowy kołnierzowe,
- d) brukowane.

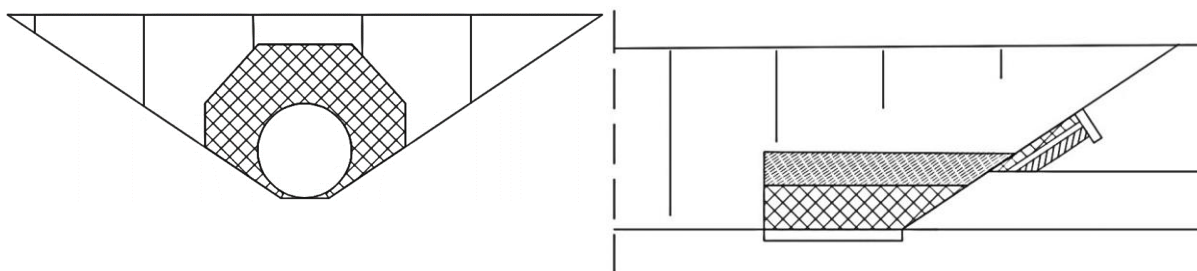
a) ścianka czołowa prostopadła do osi przepustu



b) ścianka czołowa ze skrzydełkami równoległymi do osi przepustu



c) ścianka czołowa wykonana jako brukowana obudowa kołnierzowa



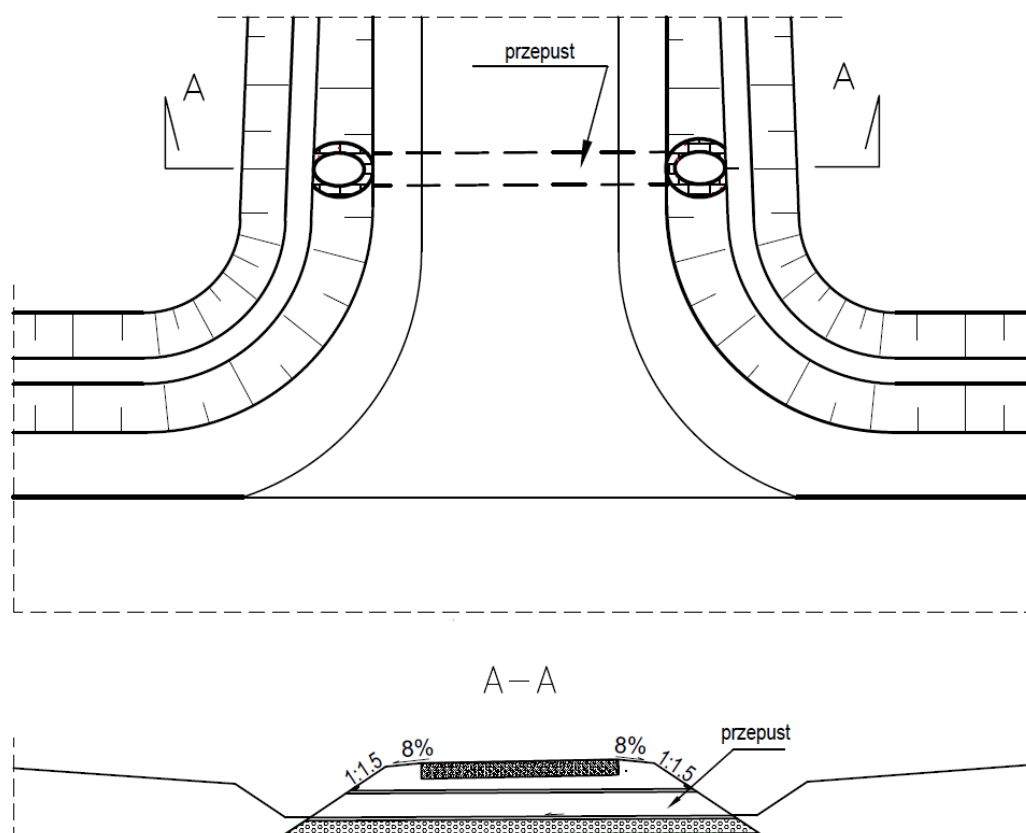
Rys. 6.3.2. Przykłady głowic i umocnień wlotów/wylotów przepustów pod zjazdami

(6) W przypadku zjazdów, wyjazdów lub wjazdów na drogach o prędkości dopuszczalnej wynoszącej więcej niż 50 km/h i braku barier ochronnych oddzielających rów od jezdni, zaleca się stosowanie głowic lub obudów kotnierzowych z pochyleniem ścięcia rury przepustu o skosie 1 : 1 lub łagodniejszym.

(7) Posadowienie przepustu pod zjazdami, wyjazdami lub wjazdami, oraz konstrukcja przepustu powinny zapewnić nośność konstrukcji odpowiadającą obciążeniu przez pojazdy korzystające ze zjazdu, wyjazdu lub wjazdu. Typowym posadowieniem przepustu pod zjazdem, wyjazdem lub wjazdem, przy jego obciążeniu przez samochody osobowe i lekkie samochody ciężarowe, jest posadowienie na warstwie pospółki o grubości 0,30 m ułożonej na zagęszczonym gruncie.

(8) Zaleca się, aby przepust był tak usytuowany wysokościowo w stosunku do nawierzchni zjazdu, wyjazdu lub wjazdu, aby od góry konstrukcji nawierzchni do górnej krawędzi przepustu zapewnić przykrycie o grubości nie mniejszej niż 0,50 m.

(9) Ze względu na utrzymanie przepustów pod zjazdami, wyjazdami lub wjazdami, zaleca się ich projektowanie o możliwie małej długości, co można osiągnąć odsuwając rów i przepust od krawędzi jezdni na odcinku zjazdu, wyjazdu lub wjazdu (rys. 6.3.3).



Rys. 6.3.3. Przykład odsunięcia przepustu pod zjazdem od krawędzi drogi w celu zmniejszenia jego długości

6.4. Przepusty wielofunkcyjne

(1) Przepusty hydrauliczne, poza umożliwieniem swobodnego przepływu wody, mogą być przeznaczone także do:

- a) przeprowadzenia urządzeń drogi lub urządzeń obcych (przepusty techniczne),
- b) przeprowadzenia szlaku wędrówek małych zwierząt dziko żyjących (zespolone przepusty dla zwierząt).

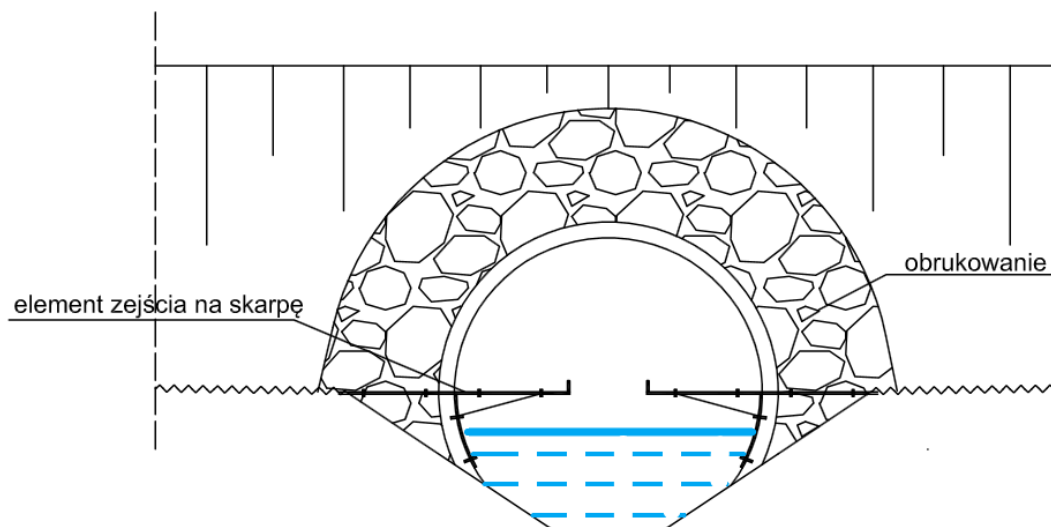
(2) W przypadku projektowania przepustów hydraulicznych przeznaczonych także do przeprowadzenia szlaku wędrówek małych zwierząt dziko żyjących, spełnia się dodatkowo wymagania wynikające z decyzji lub operatów środowiskowych.

(3) Przepust hydrauliczny przeznaczony także do przeprowadzenia szlaku wędrówek małych zwierząt dziko żyjących powinien mieć szerokość nie mniejszą niż 1,50 m i wysokość nie mniejszą niż 1,00 m. Współczynnik względnej ciasnoty (obliczany jako iloczyn szerokości i wysokości podzielony przez długość) powinien być nie mniejszy niż 0,07.

(4) Przepust hydrauliczny przeznaczony także do przeprowadzenia płazów powinien mieć szerokość nie mniejszą niż 1,00 m i wysokość nie mniejszą niż 0,75 m.

(5) Zaleca się montowanie do bocznych ścian przepustu podwieszonych półek o szerokości co najmniej 0,50 m. Półki prowadzi się równoległe do podłoża i płynnie łączy się z otoczeniem wlotów przepustu (rys. 6.4.1). Półki mogą być wykonane również o innej konstrukcji niż podwieszane, np. z gabionów pod warunkiem zachowania wymaganej przepustowości przepływu wody przez przepust.

(6) Zaleca się lokalizowanie koryta cieków w centralnej części powierzchni przejścia.



Rys. 6.4.1. Przykładowy schemat przepustu wielofunkcyjnego (widok na wlot)

7. Przepompownie

(1) Przepompownie to kompletne systemy zbiornikowo-tłoczne, czyli urządzenia wraz z armaturą hydrauliczną oraz systemem sterującym, stosowane do transportu wód opadowych na wymaganą odległość i wysokość, z niżej położonych do wyżej położonych lokalizacji (np. ze zbiorników retencyjnych do odbiorników wód opadowych). Z uwagi na wysokie koszty wykonania i eksploatacji, przepompownie stosuje się w systemach odwodnienia tylko wyjątkowo, w przypadku braku możliwości grawitacyjnego odprowadzania wód opadowych lub roztopowych.

(2) Zaleca się stosowanie gotowych rozwiązań przepompowni, dostarczanych przez producenta jako kompletna instalacja przygotowana do bezpośredniego wbudowania, złożoną z: korpusu, pomp, armatury, przewodów wentylacyjnych oraz systemu zasilająco-sterującego. Zabudowa przepompowni powinna uwzględniać zalecenia producenta w kwestii warunków posadowienia i przyłączenia do przewodów doprowadzających oraz przyłączenia rurociągu tłoczego i koniecznych kabli energetycznych.

(3) Lokalizacja przepompowni musi uwzględniać wymagania bezpieczeństwa ruchu drogowego wszystkich użytkowników. Zaleca się, aby teren z przepompownią był ogrodzony z zapewnionym dojazdem dla potrzeb utrzymaniowych i serwisowych.

(4) Korpus przepompowni, będący komorą czerpalną wód opadowych, powinien mieć odpowiednią pojemność retencyjną oraz gwarantować niezbędną przestrzeń do montażu pomp i wymaganego osprzętu hydraulicznego. Dopuszcza się stosowanie korpusów z różnych materiałów, np. betonu, żelbetu, polimerobetonu lub PEHD, zapewniających odpowiednią szczelność oraz parametry wytrzymałościowe. Dla poprawy efektywności przepompowywania zanieczyszczeń doływających z wodami opadowymi, zaleca się wykonywanie skosów antysedymentacyjnych w dnie korpusu.

(5) Z uwagi na zmienne w czasie natężenia doływów wód opadowych, zaleca się projektowanie pompowni wyposażanych co najmniej w dwie pompy, pracujące naprzemiennie w trybie rotacyjnym. Powinno stosować się pompy z minimalnym przelotem $\varnothing 50$ mm, wraz z niezbędną armaturą zwrotną i odcinającą. Biorąc pod uwagę zjawisko ścierania rur przez piasek tłoczony wraz z wodami opadowymi, rurarz wewnętrzny przepompowni dla średnic do DN150 rekomenduje się wykonywać z rur nierdzewnych o grubości co najmniej 2 mm, a dla średnic większych lub równych DN150, z rur nierdzewnych o grubości co najmniej 3 mm, w obu przypadkach łączonych na kołnierze i śruby ze stali nierdzewnej.

(6) Rurociągi tłoczne zaleca się wykonywać z rur PEHD o odpowiednio dobranej wytrzymałości na ciśnienie i średnicy na zadany przepływ (rury min. SDR17 i o minimalnej średnicy DN50). Dla krótkich odcinków tłocznych, do 10 m długości, z uwagi na poprawę pracy hydraulicznej pomp rekomenduje się stosowanie niezależnych rurociągów tłocznych.

(7) Przepompownię wyposaża się w układ sterujący ze stałym pomiarem napętnienia komory czerpalnej za pomocą sondy hydrostatycznej lub radarowej, z dodatkowym zabezpieczeniem za pomocą dwóch pływaków na poziomie suchobiegu pomp i alarmowym. Właz komory pompowni i szafka kontrolna powinny być wyposażane w alarmy otwarcia.

8. Oczyszczanie i retencja wód powierzchniowych

8.1. Wymagania ogólne

(1) Projekt odwodnienia, w tym również budowy urządzeń oczyszczających, poprzedza się szczegółowym rozpoznaniem pod względem lokalnych warunków hydrogeologicznych, ekologicznych (tj. wrażliwości lokalnego środowiska) i hydrograficznych.

(2) Zaleca się, aby rozwiązania oczyszczania i retencji wód powierzchniowych ze zlewni uwzględniały lokalne uwarunkowania oraz były jednocześnie racjonalne pod względem technicznym (zapewnienie sprawnego odwodnienia) i ekonomicznym (brały pod uwagę nie tylko koszty inwestycyjne, w tym możliwość etapowania inwestycji, ale również eksploatacyjne i związane z trwałością).

(3) Zaleca się, aby dobór rozwiązania technicznego oczyszczania i retencji wód powierzchniowych uzależniony był od dostępności i rodzaju odbiornika oraz stopnia wrażliwości i warunków przestrzennych zlewni.

(4) Ze względu na zasadę działania lub funkcję urządzenia oczyszczającego lub ograniczającego spływy powierzchniowe, zaleca się stosowanie urządzeń podanych w tab. 8.1.1. Urządzenia te mogą spełniać jednocześnie kilka zadań, tworząc układ oczyszczania wód powierzchniowych.

Tab. 8.1.1. Zalecane do stosowania rodzaje urządzeń oczyszczających lub ograniczających spływy opadowe

Rodzaj urządzenia	Przykłady rozwiązań
Urządzenia retencyjne	Urządzenia opóźniające odpływ i zwiększające retencję, np. minimalne spadki podłużne w rowach i kanałach odwadniających, progi i przegrody piętrzące, zbiorniki retencyjne, poszerzenia dna rowu
Oczyszczalnie biologiczne	Rowy, muldy i powierzchnie trawiaste, oczyszczalnie gruntowo-korzeniowe, stawy retencyjno-infiltracyjne, wszystkie obiekty seminaturalne
Podczyszczanie mechaniczne	Osadniki (piaskowniki), separatory substancji ropopochodnych, zbiorniki retencyjno-sedymentacyjne lub retencyjno-filtracyjne
Urządzenia odcinające odpływ do odbiornika substancji niebezpiecznych	Zastawki ręczne lub mechaniczne, przegrody poprzeczne w rowach, zasowy odcinające, zamknięcia automatyczne na dopływie lub odpływie z separatora, sygnalizacja alarmowa separatora

(5) Zaleca się, aby w miarę możliwości rozwiązania do oczyszczania i retencjonowania wód opadowych wyposażać w systemy zdalnego monitoringu, dające możliwość zarządcy systemu odwodnienia na bieżące śledzenie stanu infrastruktury technicznej, wykrywanie stanów awaryjnych i anormalnych pracy oraz zapobieganie lub szybkie ostrzeżenie o aktach wandalizmu.

(6) Wymagania dotyczące jakości wód opadowych lub roztopowych wprowadzanych do środowiska, a także przed odprowadzeniem ich do odbiornika określa podrozdział 4.7.2.

(7) Urządzenia podczyszczające wody deszczowe lub roztopowe z jezdni i pasa drogowego sytuuje się bezpośrednio na wylocie kanalizacji zbierającej zanieczyszczone wody, w miejscach zapewniających dostęp niezbędny dla ich eksploatacji.

(8) Wody opadowe spływające z przyległego terenu oraz z drenażu zabezpieczającego korpus przed wodami gruntowymi nie wymagają wprowadzenia do urządzeń oczyszczających wody spływające z jezdni i pasa drogowego.

(9) Stosowanie nieskomplikowanych urządzeń oczyszczających jest uzasadnione ekonomicznie i ekologicznie, przede wszystkim zaś takich, które pozwalają na wykorzystanie i intensyfikację naturalnych procesów redukcji zanieczyszczeń oraz zmniejszają natężenie odpływu do odbiornika. Zalecenia dotyczące stosowania (doboru) różnych sposobów odprowadzania, regulacji oraz oczyszczania wód opadowych podano w tab. 8.1.2.

Tab. 8.1.2. Zalecane do stosowania rodzaje odprowadzania, regulacji i oczyszczania wód opadowych z dróg [21]

Rodzaj urządzeń	Zalecane do stosowania	Stosowane w uzasadnionych przypadkach	Uwagi
Kolektory		●	Odwadniane mosty, wiadukty, węzły i obiekty towarzyszące, wysokie nasypy
Rowy szczelne		●	O możliwości stosowania decydują głównie warunki hydrogeologiczne i ukształtowanie terenu oraz warunki środowiskowe w trasie drogi – ewentualne wyposażenie w studzienki osadowe
Rowy trawiaste	●		Wyposażenie systemu: progi, drenaż, geowłóknina, warstwa filtracyjna, studzienki osadnikowe
Zbiorniki retencyjno-oczyszczające	●		Szczelne przepływowe – dla dużych zlewni, ewentualne wyposażenie: deflektor dopływu, zasyfonowany odpływ, kraty na wylocie, materiały sorbentowe, zapory pływające
Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne	●		Ewentualnie stawy obsadzone roślinnością, wydzielona strefa osadzania na wlocie, deflektor na wlocie, zasyfonowanie odpływu, ewentualnie materiały sorbentowe
Urządzenia regulujące przepływ	●		We wszystkich przypadkach stosowania obiektów na wydzieloną część przepływu (tzw. „przepływy nominalne”) lub jako element zbiorników retencyjnych
Piaskowniki	●		Ewentualne wyposażenie w deflektor dopływu, kratę na odpływie, zasyfonowany odpływ, zastawkę odcinającą oraz współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Osadniki	●		Ewentualnie osadniki wielostrumieniowe, wyposażenie: deflektor dopływu, dodatkowo ścianka zanurzona na odpływie – zwykle poprzedzają inne urządzenia, współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Separatory substancji ropopochodnych	● ¹⁾	●	Poprzedzone osadnikiem lub innym urządzeniem sedymentacyjnym, współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym przepływ
Separatory zintegrowane z osadnikiem	● ¹⁾	●	Współpraca z przelewem lub innym urządzeniem regulującym dopływ
Studzienki osadnikowe	●		W trasie i na wylotach rowów, krata na dopływie, niekiedy zasyfonowany odpływ
Studnie wirowe	●		W trasie i na wylotach rowów, krata na dopływie, niekiedy zasyfonowany odpływ

¹⁾ stosowane na obiektach towarzyszących (np. miejscu obsługi podróżnych, obwodzie utrzymania drogi itp.)

(10) Tab. 8.1.3 określa skuteczność działania urządzeń ograniczających zanieczyszczenia w wodach opadowych lub roztopowych wraz z podstawowymi informacjami i zaleceniami dotyczącymi ich funkcjonowania. Wysokie skuteczności opisywane w tab. 8.1.3 dotyczą wód silnie zanieczyszczonych (w górnych granicach spotykanych dla wód opadowych). Skuteczność urządzeń wyrażona wskaźnikiem procentowym jest zawsze uzależniona od stężeń zanieczyszczeń w wodach dopływających do urządzenia. Warunkiem uzyskania założonego efektu oczyszczania spływów opadowych jest systematyczna, właściwa eksploatacja urządzeń.

Tab. 8.1.3. Skuteczność działania urządzeń ograniczających zanieczyszczenia w wodach opadowych lub roztopowych [21]

Urządzenie oczyszczające	Efekt oczyszczenia		Uwagi, zalecenia
	zawiesiny ogólne	substancje ropopochodne	
Rowy trawiaste, powierzchni trawiaste	40-90%	20-90%	Intensyfikacja procesów możliwa jest przez stosowanie progów i przegród piętrzących; redukcja zanieczyszczeń zależna od pory roku, grunt dobrze przepuszczalny, trawa gęsta – wysoko koszona
Zbiorniki retencyjno-oczyszczające (szczelne)	80%	80%	Zalecany osadnik przed zbiornikiem lub wydzielona część zbiornika – redukcja zawiesin łatwoopadających, przegroda zanurzona (zasyfonowany odpływ), bardzo małe obciążenie hydrauliczne, zwykle $<4 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$, maksymalne $7 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$, bardzo mały wskaźnik powierzchni flotacji $>0,2 \text{ m}^2/(\text{l/s})$
Zbiorniki retencyjno-filtracyjne, zbiorniki infiltracyjne	80%	80%	Osadnik na dopływie do zbiornika – redukcja zawiesin łatwoopadających, zasyfonowany odpływ, bardzo małe obciążenie hydrauliczne, zwykle $<4 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$, maksymalne $7 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$, wskaźnik powierzchni flotacji $>0,2 \text{ m}^2/(\text{l/s})$, wskazane $k_f = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
Piaskowniki, osadniki, studnie osadnikowe	60-80%	60-80%	Redukcja zawiesin stanowi funkcję obciążenia hydraulicznego, ewentualnie dodatkowe wyposażenie – zasyfonowany odpływ, maksymalne obciążenie hydrauliczne $36 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$
Separatory substancji ropopochodnych (klasa I ³⁾)	-	$\leq 5 \text{ mg/l}^{1)}$ $18-96\%^{2)}$ śr. $58\%^{2)}$	
Rowy chłonne, studnie chłonne	80%	80%	$k_f > 10^{-6} \text{ m/s}$, zalecane osadniki przed urządzeniami, możliwość zatykania złoża, szczególnie w studniach chłonnych, niewielkie zastosowanie w systemach odwodnienia dróg krajowych i wojewódzkich

¹⁾ badania w warunkach laboratoryjnych (produkty naftowe),
²⁾ badania w warunkach rzeczywistych,
³⁾ objaśnienie klas I i II podano w podrozdziale 8.5.2 akapit (6).

8.2. Dobór systemu oczyszczania wód opadowych

8.2.1. Podstawy doboru systemu oczyszczania wód opadowych

(1) Dobór systemu oczyszczania wód opadowych lub roztopowych zależy głównie od:

- stopnia zanieczyszczenia wód dopływających do odbiornika,
- wrażliwości środowiska w miejscu lokalizacji urządzeń do odwodnienia, w tym odbiornika wody,
- warunków hydrogeologicznych określających stopień ochrony wód podziemnych,
- natężenie strumieni objętości oczyszczanych wód opadowych lub roztopowych,
- dotychczasowych wymagań szczegółowych określonych w decyzji środowiskowej.

(2) Podział obszarów według stopnia wrażliwości środowiska w miejscach lokalizacji odbiorników wód opadowych lub roztopowych określa podrozdział 4.7.1.

(3) Możliwe do zastosowania ciągi technologiczne odwodnienia dróg, zawierające systemy oczyszczania wód opadowych lub roztopowych, określają podrozdziały 8.2.2, 8.2.3 i 8.2.4. Nie wyczerpują one wszystkich możliwych rozwiązań i, w zależności od warunków miejscowych, dopuszcza się stosowanie także innych rozwiązań o skuteczności potwierdzonej praktycznymi doświadczeniami lub wynikami specjalistycznych badań.

8.2.2. Systemy oczyszczania wód opadowych w obszarach bardzo wrażliwych

(1) Na większości obszarów bardzo wrażliwych projektuje się szczelne systemy odprowadzania spływów opadowych. Pozwala to na przeniesienie całej ilości zanieczyszczeń do urządzeń oczyszczających.

(2) Szczelne systemy odprowadzania wód opadowych to głównie:

- a) infrastruktura kanalizacyjna,
- b) rowy szczelne lub rowy szczelne z obsiewem trawą (nie należy mylić z rowami trawiastymi, które traktowane są jako urządzenie infiltracyjne),
- c) ścieki korytkowe.

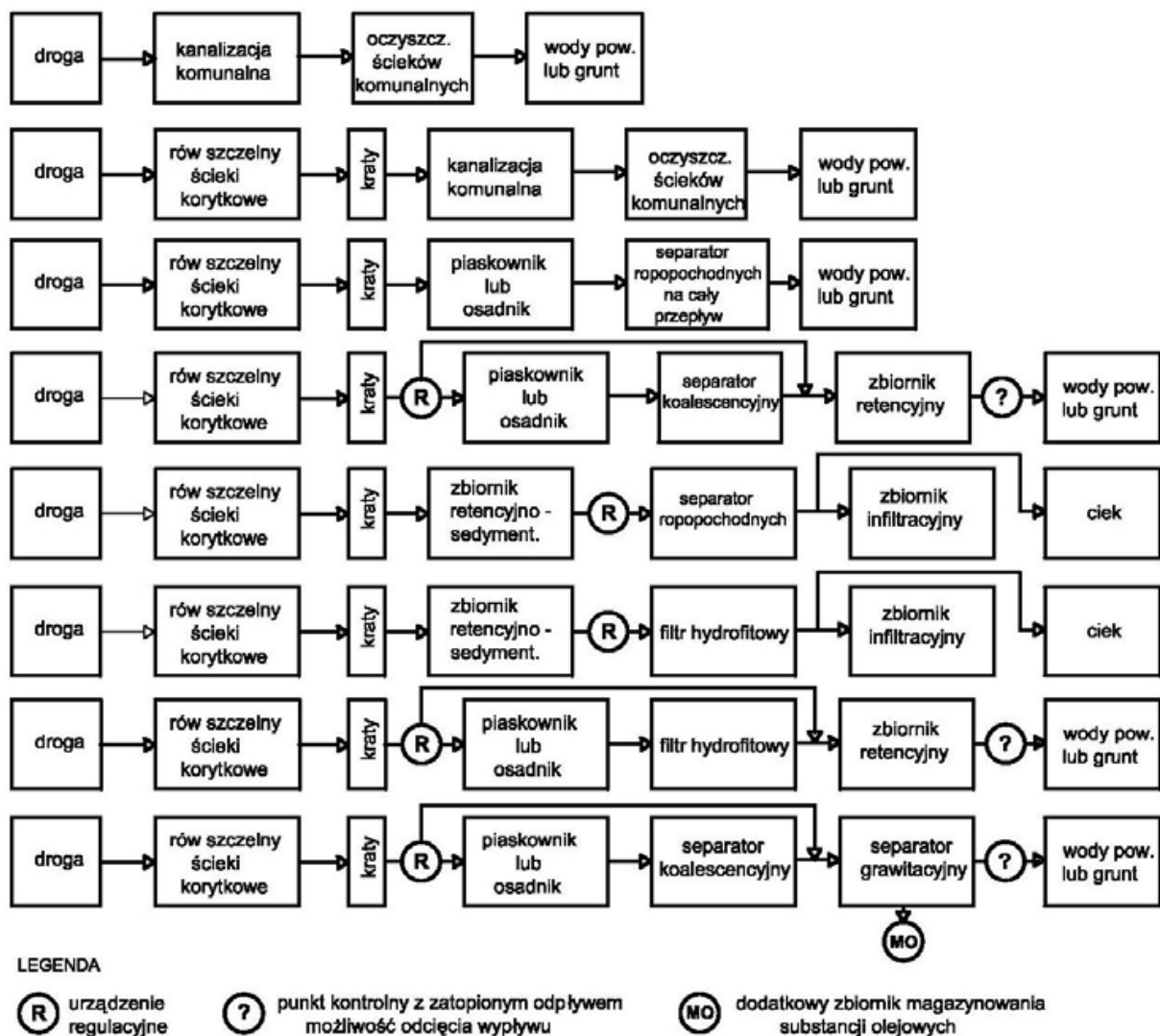
(3) W systemach wykorzystuje się również rowy z warstwą filtracyjną, ale wówczas wypełnienie filtracyjne odizolowuje się od gruntu barierą hydroizolacyjną (geomembraną, matą bentonitową itp.). Tak wykonany filtr pod dnem rowu zwiększa wydajność hydrauliczną rowu przy relatywnie małych napełnieniach (filtr pod dnem również odprowadza wodę, jak dren). W przypadku zastosowania rowów z warstwą filtracyjną nastąpi częściowe oczyszczenie spływów opadowych jeszcze przed ich wprowadzeniem do zasadniczych urządzeń oczyszczających. W rejonie ujścia rowu zapewnia się odbiór wód z dna filtra (a nie tylko z dna rowu).

(4) Jeżeli droga przebiega tylko na niewielkim odcinku przez obszar bardzo wrażliwy, spływające z niej wody deszczowe i roztopowe odprowadza się poza obszar wrażliwy, gdzie następuje ich właściwe oczyszczenie i wprowadzenie do środowiska.

(5) Zalecane schematy odprowadzania i oczyszczania wód opadowych pochodzących z odcinków dróg zlokalizowanych na terenach bardzo wrażliwych przedstawia rys. 8.2.2.1. Schematy odprowadzania i oczyszczania wód opadowych spływających z obiektów mostowych przyjmuje się zgodnie z WR-M-51.

(6) Występujące w schemacie oczyszczania na rys. 8.2.2.1 przypadki zastosowania przelewów dopuszcza się tylko wtedy, gdy za urządzeniem z przelewem występuje dodatkowy obiekt podczyszczający całą strugę lub obiekt retencyjny z możliwością awaryjnego zamknięcia odpływu.

(7) W przypadku obszarów objętych prawną ochroną form przyrody, których istnienie uzależnione jest od właściwych stosunków wodnych, zalecenie dotyczące projektowania systemów szczelnych oraz wyprowadzania wód opadowych poza chronioną zlewnię traktuje się warunkowo, tzn. stosuje się je tylko tam, gdzie szczegółowa analiza hierarchii zagrożeń wykazała, iż ubytek wody spowodowany wyprowadzeniem poza zlewnię wód opadowych z drogi nie zagrazi stosunkom wodnym warunkującym istnienie konkretnego obszaru chronionego.



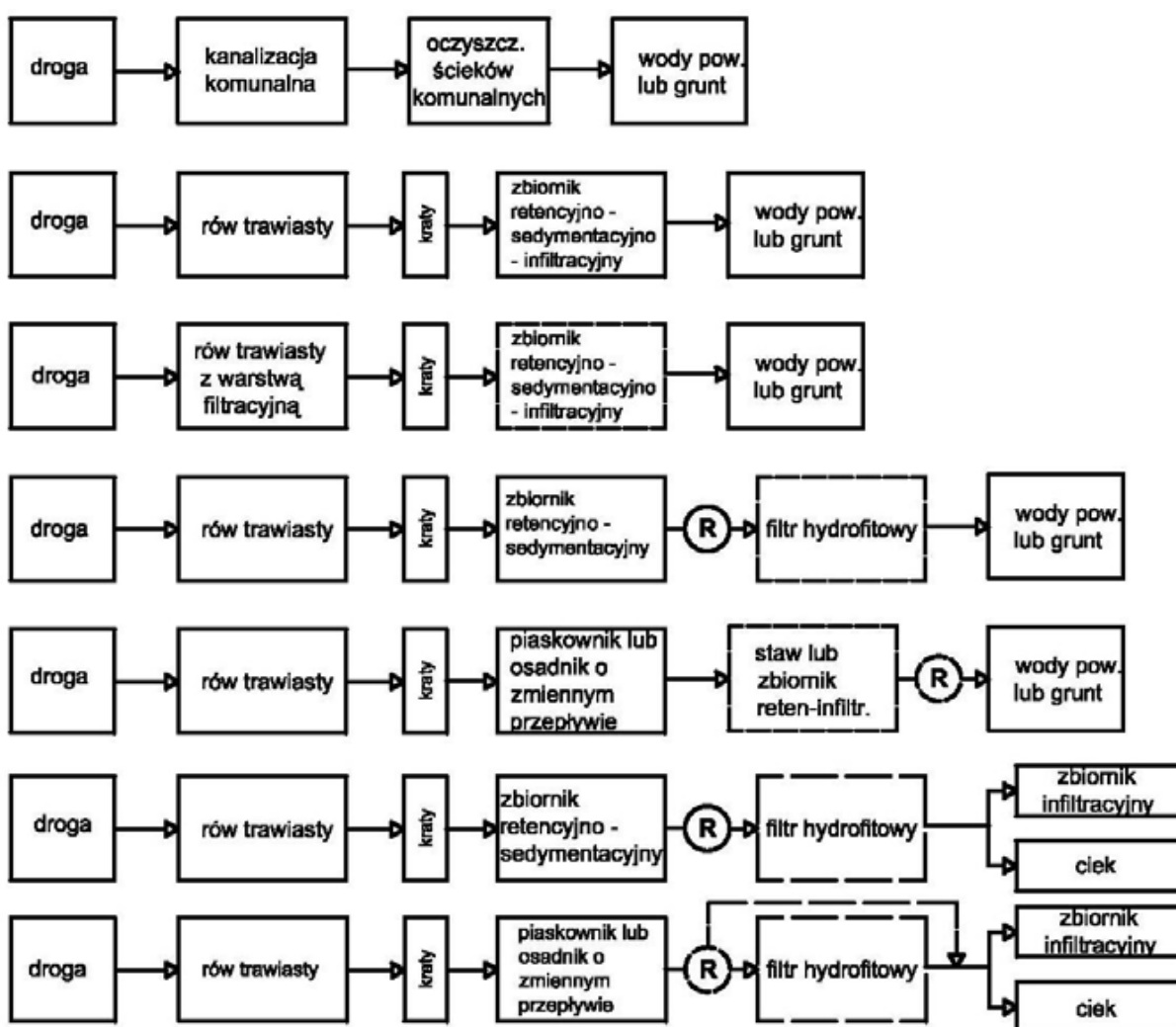
Rys. 8.2.2.1. Przykłady systemów oczyszczania wód opadowych z odcinków dróg na terenach bardzo wrażliwych [21]

8.2.3. Systemy oczyszczania wód opadowych w obszarach średnio wrażliwych

(1) Na obszarach o średniej wrażliwości do oczyszczania spływów opadowych zaleca się wykorzystywanie przede wszystkim rowów trawiastych. Skuteczność usuwania zanieczyszczeń, jaką zapewniają rowy trawiaste, w większości przypadków dróg o średnim natężeniu ruchu jest wystarczająca.

(2) W przypadku dróg o dużym natężeniu ruchu pojazdów (powyżej 11 300 poj./24h) rozważa się konieczność zastosowania dodatkowych urządzeń oczyszczających. Zawsze przewiduje się możliwość retencjonowania oczyszczonych wód opadowych z wykorzystaniem w pierwszej kolejności naturalnych obniżen terenu.

(3) Schematy systemów oczyszczania wód opadowych pochodzących z odcinków dróg na terenach średnio wrażliwych przedstawia rys. 8.2.3.1. Schematy odprowadzania i oczyszczania wód opadowych spływających z obiektów mostowych przyjmuje się zgodnie z WR-M-51.



LEGENDA

(R) urządzenie regulacyjne

Uwaga: linia przerywana oznacza urządzenia, które można zastosować opcjonalnie, głównie w celu utworzenia małej retencji i zminimalizowania ładunków zanieczyszczeń obciążających środowisko naturalne

Rys. 8.2.3.1. Przykłady systemów oczyszczania wód opadowych z odcinków dróg na terenach średnio wrażliwych [21]

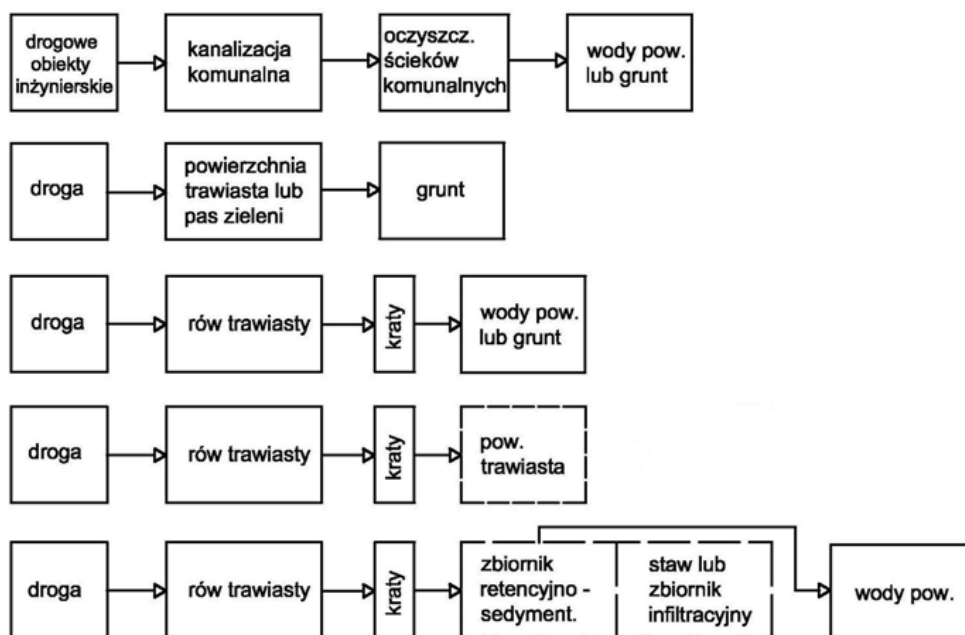
8.2.4. Systemy oczyszczania wód opadowych w obszarach mało wrażliwych

(1) Na obszarach o małej wrażliwości zaleca się wszędzie, gdzie jest to możliwe, stosować rozproszone odwodnienie dróg (powierzchnie trawiaste, muldy itp.), co pozwala na lepsze wykorzystanie naturalnych właściwości oczyszczających gleb i gruntów.

(2) Rolę podstawowego urządzenia ograniczającego ilość zanieczyszczeń w wodach opadowych pełnią w tym przypadku rowy (rowy trawiaste, rowy z warstwą filtracyjną, rowy z funkcją retencjonowania itp.).

(3) W przypadku dróg o dużym natężeniu ruchu pojazdów (powyżej 11 300 poj./24h) rozważa się konieczność zastosowania dodatkowych urządzeń oczyszczających i przewiduje się możliwość retencjonowania oczyszczonych wód opadowych w naturalnych obniżeniach terenu.

(4) Schematy systemów oczyszczania wód opadowych pochodzących z odcinków dróg na terenach średnio wrażliwych przedstawia rys. 8.2.4.1. Schematy odprowadzania i oczyszczania wód opadowych spływających z obiektów mostowych przyjmuje się zgodnie z WR-M-51.



Uwaga: linia przerywana oznacza urządzenia, które można zastosować opcjonalnie, głównie w celu utworzenia małej retencji i zminimalizowania ładunków zanieczyszczeń obciążających środowisko naturalne

Rys. 8.2.4.1. Przykłady systemów oczyszczania wód opadowych z odcinków dróg na terenach mało wrażliwych [21]

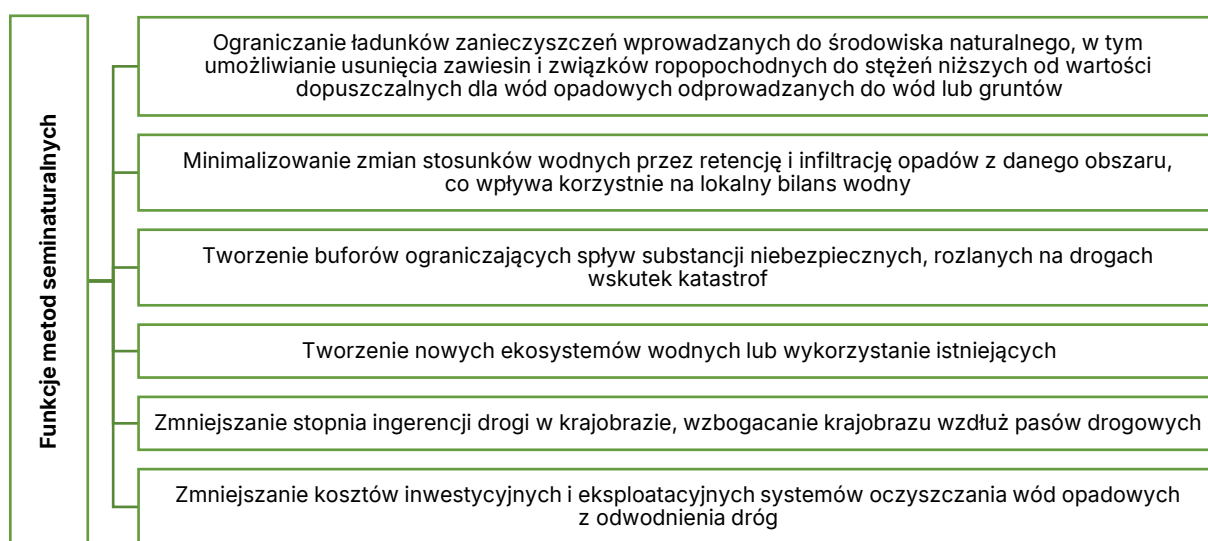
8.3. Metody seminaturalne ograniczające rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń

8.3.1. Rodzaje urządzeń

(1) Rys. 8.3.1.1 przedstawia zalecane funkcje metod seminaturalnych wykorzystujących procesy zachodzące w środowisku naturalnym (sedymentacja, sorpcja, utlenianie, fermentacja i rozkład mikrobiologiczny).

(2) W przypadku metod seminaturalnych zaleca się stosowanie:

- a) urządzeń infiltracyjnych: powierzchnie i rowy trawiaste (w tym również rowy stokowe – o ile nie posiadają uszczelnienia), zbiorniki infiltracyjne, nawierzchnie i rowy infiltracyjne,
- b) urządzeń retencyjnych i retencyjno-infiltracyjnych: zbiorniki, stawy i rowy,
- c) innych obiektów: filtry hydrofitowe, zbiorniki odparowujące wykorzystujące ewapotranspirację roślin, ogrody deszczowe.



Rys. 8.3.1.1. Zalecane funkcje metod seminaturalnych ograniczających rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń

8.3.2. Powierzchnie i rowy infiltracyjne

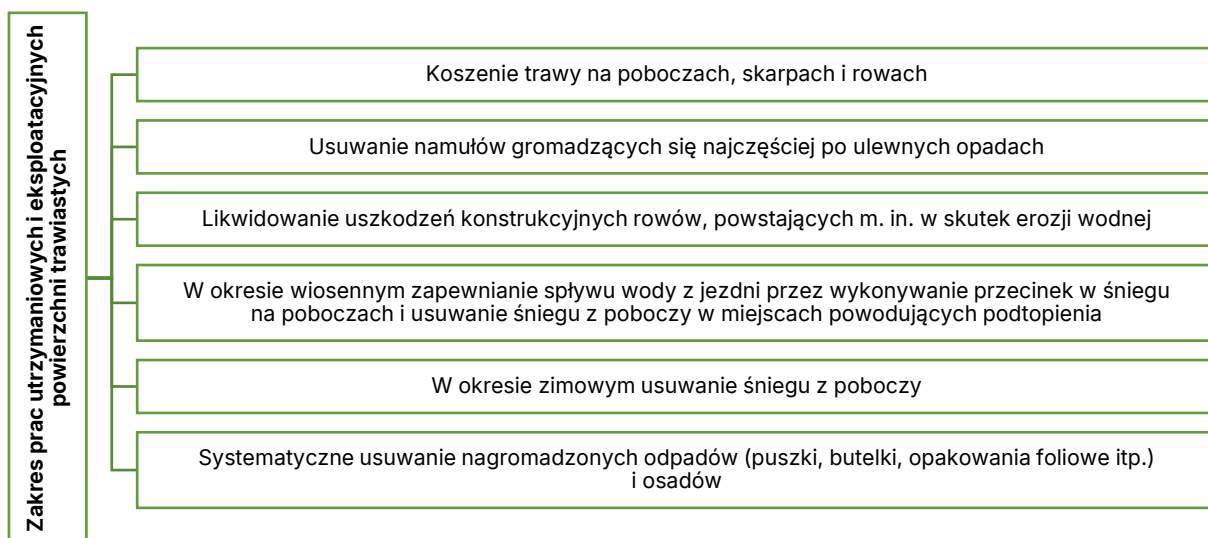
Powierzchnie trawiaste

(1) Jako powierzchnie trawiaste wykorzystuje się tereny o dużym współczynniku filtracji, gdzie wody opadowe infiltrują przez warstwę zadarnionego gruntu. Spływ wód po nich rozprowadza się możliwie równomiernie, stosując sztuczne bariery z otworami lub odpowiednio uformowane kanały wypełnione kamieniami, zlokalizowane w poprzek zbocza.

(2) Powierzchni trawiastych nie wykorzystuje się w przypadku:

- a) braku odpowiedniej powierzchni pasa drogowego,
- b) niskiej przepuszczalności gruntu,
- c) wysokiego poziomu wód gruntowych,
- d) innych lokalnych przeciwwskazań do infiltracji, np. obszary ochronne ujęć wód (obszary o wysokiej wrażliwości).

(3) Zalecany zakres prac utrzymaniowych i eksploatacyjnych w przypadku powierzchni trawiastych przedstawia rys. 8.3.2.1.



Rys. 8.3.2.1. Zalecany zakres prac utrzymaniowych i eksploatacyjnych w przypadku powierzchni trawiastych

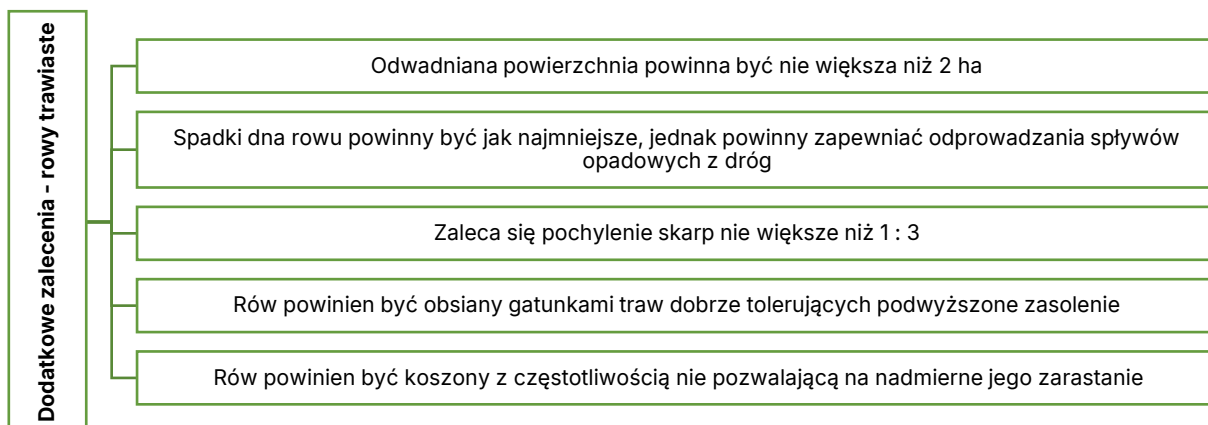
Rowy trawiaste

(4) Zaleca się, aby w rowach trawiastych, wykorzystywanych również w celu oczyszczania wód opadowych, skarpy i dno pokrywała warstwa humusu o miąższości minimum 15 cm, porośnięta gęstą i wysoko koszoną trawą.

(5) Zaleca się, aby rowy trawiaste miały przekroje trapezowe, trójkątne lub optywowe.

(6) W zależności od pojemności rowów trawiastych i wielkości powierzchni odwadnianej, zaleca się stosować je jako samodzielne urządzenia lub równoległe z innymi obiektami, np. zbiornikami, które przejmą ewentualny nadmiar zanieczyszczonych wód opadowych lub roztopowych.

(7) Dodatkowe zalecenia dotyczące rowów trawiastych stosowanych jako urządzenia oczyszczające przedstawia rys. 8.3.2.2.



Rys. 8.3.2.2. Dodatkowe zalecenia w przypadku stosowania rowów trawiastych

(8) Jeżeli w rowie ma zachodzić zjawisko infiltracji, to humus i grunt w podłożu rowu powinien być przepuszczalny (współczynnik filtracji $k > 3,5 \cdot 10^{-6}$ m/s).

(9) W rowach pełniących również funkcje retencyjne zaleca się stosowanie przegród spowalniających przepływ (np. palisad, progów, narzutów kamiennych itp.) i zwiększających skuteczność oczyszczania.

(10) Prace utrzymaniowe i eksploatacja rowów trawiastych są takie same jak w przypadku powierzchni trawiastych.

Rowy stokowe, muldy, dreny, sączki

(11) Rowy stokowe oraz muldy pełniące rolę ochronną i (w mniejszym stopniu) infiltracyjną zaleca się stosować na stromych zboczach, gdzie chronią rowy przydrożne przed nagłymi doływami znacznych ilości wód spływających ze stoków oraz stanowią ochronę skarp przed erozją.

(12) W przypadku założenia infiltracji w rowach w gruntach o niskich wartościach współczynnika infiltracji zaleca się stosowanie drenów pod dnem rowów w warstwie filtracyjnej, co ułatwia zmagazynowanie wody na czas potrzebny do jej infiltracji do gruntu.

(13) Zaleca się, aby sączki drogowe odprowadzały wody z warstw nawierzchni drogi lub z jej podłoża gruntowego. Powinny one stanowić warstwę filtracyjną, oddzieloną od gruntu rodzimego, np. geowłókniną, w przypadkach kiedy ich celem jest odprowadzenie wody ze zlewni, gdzie nie ma warunków do infiltracji. Z chwilą zmiany warunków gruntowych (wyjście z obszaru słabej przepuszczalności gruntów i wejście w obszar dobrej przepuszczalności) element, który pracował jako sączek (analogiczna konstrukcja) może zacząć oddawać wodę do otoczenia i wówczas zamienia się w urządzenie infiltracyjne.

Rowy i nawierzchnie infiltracyjne

(14) W rowie infiltracyjnym i w nawierzchni infiltracyjnej występuje warstwa filtracyjna z piasku gruboziarnistego i żwiru, z opcjonalnym zastosowaniem przewodów drenarskich. Dreny mogą pełnić dwie funkcje:

- a) doprowadzają wodę z części nieprzepuszczalnej lub
- b) pełnią rolę magazynującą (zwiększają pojemność retencyjną rowu).

(15) W przypadku rowów infiltracyjnych, które są zasilane wodami opadowymi nie tylko w formie bezpośredniego spływu powierzchniowego, ale również doływami z systemu odwodnienia (np. z kanalizacji, albo sąsiadujących z nimi rowów szczelnych), na przejściu systemu szczelnego w infiltracyjny stosuje się urządzenia podczyszczające (piaskowniki lub osadniki).

(16) Nawierzchnie infiltracyjne zaleca się stosować na parkingach o małym obciążeniu ruchem.

(17) Prace utrzymaniowe i eksploatacja są zbliżone swoim charakterem do zbiorników infiltracyjnych (rys. 8.3.3.1).

8.3.3. Otwarte zbiorniki infiltracyjne

(1) Zaleca się, aby zbiorniki infiltracyjne retencjonowały doływające zanieczyszczone wody opadowe przy jednoczesnej ich infiltracji do gruntu. Zbiorniki infiltracyjne projektuje się zgodnie z WR-D-71-1, uwzględniając przy tym awaryjne urządzenia przelewowe.

(2) Zbiorników infiltracyjnych nie sytuje się na terenach podmokłych.

(3) Przed urządzeniami infiltracyjnymi zaleca się budowę urządzeń usuwających zawiesiny, np. osadników, filtrów piaskowych, korzeniowych lub stref sedymentacyjnych (wydzielonych w początkowej części otwartego zbiornika infiltracyjnego).

(4) Zbiornik zabezpiecza się przed zanieczyszczeniem ich odpadami o większych gabarytach (butelki, puszki itp.), przez zainstalowanie krat przed wlotem do zbiornika.

(5) Oczyszczanie wód w zbiornikach infiltracyjnych powinno zachodzić głównie w warstwie infiltracyjnej i osadach dennych. Aby zwiększyć sprawność oczyszczania, zaleca się obsadzanie zbiornika roślinnością wodną przybrzeżną i pływającą. Nie dopuszcza się do nadmiernego zarastania zbiornika i często wykasza się nadmiar roślinności.

(6) Zbiorniki infiltracyjne w części nadziemnej kształtuje się według tych samych zasad, jak zbiorniki retencyjne. Ich część infiltracyjna (podziemna) powinna składać się z warstwy kruszywa niełamanego o średnicy ziaren d wynoszącej od 2 do 8 mm, przykrytej warstwą ochronną kruszywa niełamanego o średnicy $d > 10$ mm, z przekładką ochronną z geowłókniny filtracyjnej (wymienianej okresowo).

(7) Dno zbiornika powinny stanowić warstwy kruszywa niełamanego o uziarnieniu rosnącym w głąb. Na styku warstw o znaczących różnicach uziarnienia (z reguły pomiędzy warstwą humusu a pierwszą warstwą mineralną, czasami również pomiędzy ostatnią warstwą a gruntem

rodzimy) stosuje się geowłókniny filtracyjne. Aby usprawnić infiltrację można dodatkowo stosować drenaż rozprzewadzący.

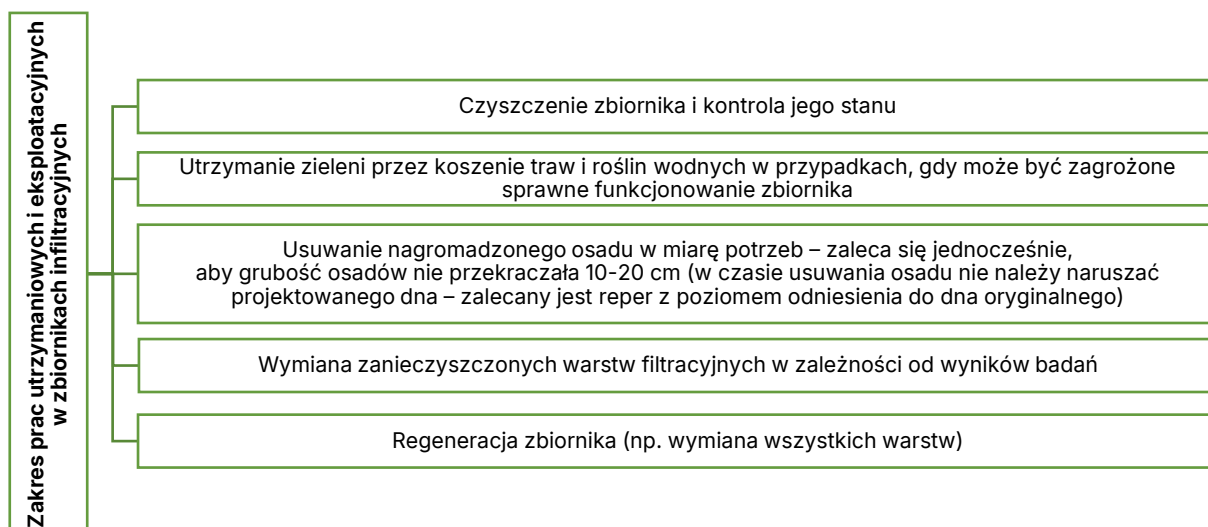
(8) Grunt do głębokości 1,5 m poniżej dna zbiornika powinien znajdować się powyżej poziomu wód gruntowych oraz zapewniać szybkość filtracji wynoszącą co najmniej:

- a) 1,25 cm/h ($3,5 \cdot 10^{-6}$ m/s) – w przypadku zbiorników,
- b) 0,70 cm/h ($1,9 \cdot 10^{-6}$ m/s) – w przypadku rowów infiltracyjnych.

(9) Do zbiornika zapewnia się dojazd oraz wjazd (pochylnia) na dno i do urządzeń zabezpieczających zbiornik przed zanieczyszczeniami.

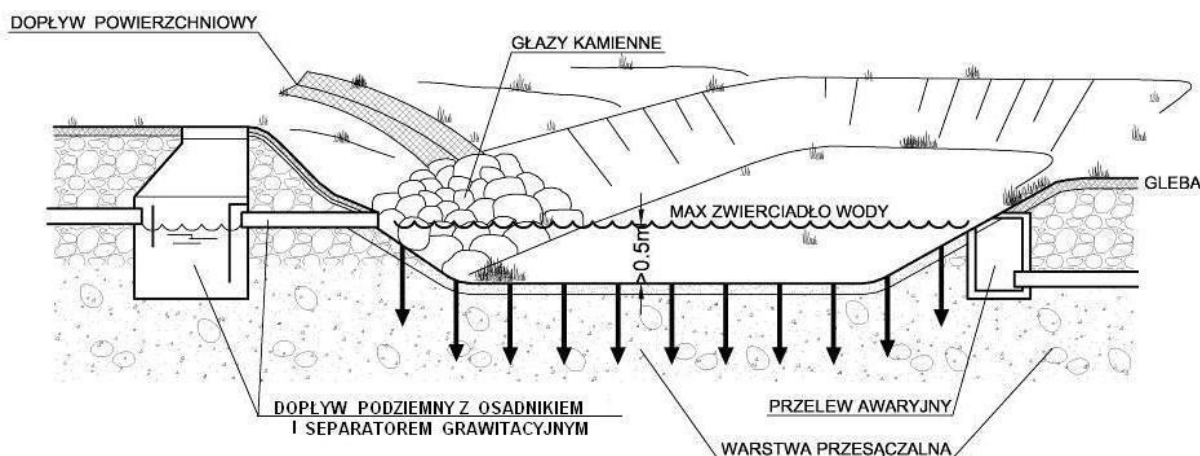
(10) Zbiornik buduje i utrzymuje się przy pomocy lekkiego sprzętu, aby zminimalizować zagęszczenie gruntu na dnie zbiornika.

(11) Zalecany zakres prac związanych z utrzymaniem i eksploatacją zbiorników infiltracyjnych przedstawia rys. 8.3.3.1.

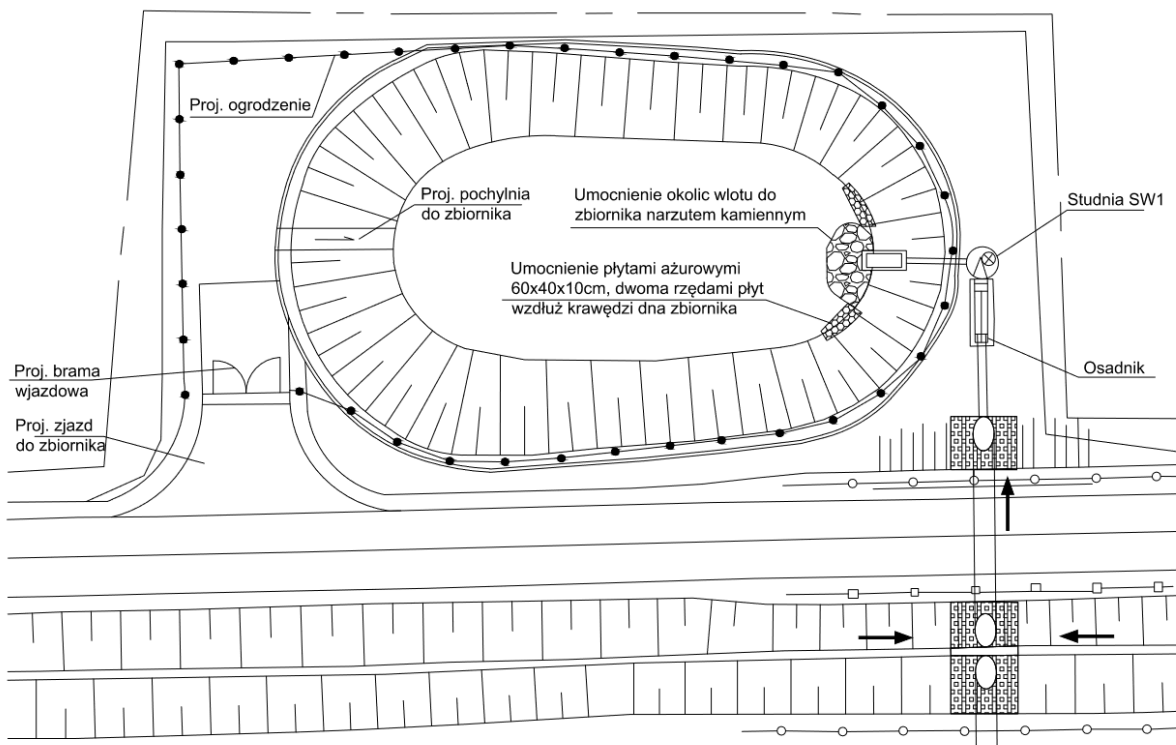


Rys. 8.3.3.1. Zalecany zakres prac związanych z utrzymaniem i eksploatacją zbiorników infiltracyjnych

(12) Przykłady otwartych zbiorników infiltracyjnych pokazano na rys. 8.3.3.2 i 8.3.3.3.



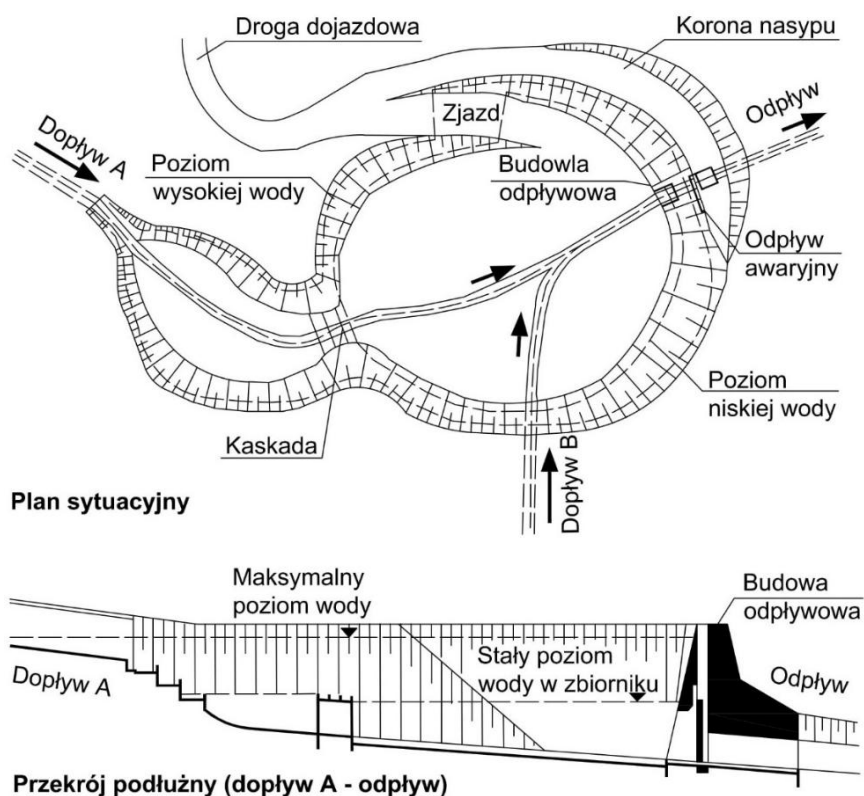
Rys. 8.3.3.2. Otwarty zbiornik infiltracyjny – schemat ideowy [28]



Rys. 8.3.3.3. Otwarty zbiornik infiltracyjny – przykład projektowy

8.3.4. Zbiorniki retencyjne

(1) Zaleca się, aby zbiorniki retencyjne pełniły głównie rolę opóźnienia i obniżania maksymalnego natężenia odpływu wód opadowych lub roztopowych, a tym samym wydłużenia czasu ich odpływu do odbiorników (rys. 8.3.4.1).



Rys. 8.3.4.1. Otwarty zbiornik retencyjny – przykładowy schemat rozwiązania z dużą różnicą poziomów dopływu wód podczyszczonych i odpływu [21]

(2) W projektowaniu zbiorników retencyjnych dąży się do ograniczenia akumulacji zawieszin na dnie zbiorników przez stosowanie odpowiednich osadników przed wlotem do zbiornika. Dodatkowo dno zbiornika projektuje się ze spadkiem nie mniejszym niż 0,3% i umocnieniem w najniższym miejscu, co ułatwia usuwanie nagromadzonych osadów.

(3) W przypadku wykorzystywania zbiorników retencyjnych (lub ich części) również jako dodatkowych urządzeń sedymentacyjnych (np. do usuwania najdrobniejszych frakcji zawieszin) zasady wymiarowania w planie są analogiczne do zasad wymiarowania osadników. Powierzchnia zbiornika powinna spełniać wymagania wynikające z granicznego obciążenia hydraulicznego dla najdrobniejszej frakcji zawieszin, która będzie wydzielana.

(4) Pojemność użyteczną zbiorników wymiaruje się zgodnie z WR-D-71-1.

(5) Zbiorniki retencyjne traktuje się jako seminaturalne tylko, jeżeli projektuje się w nich strefy roślinne.

(6) Zalecane jest łączenie retencji z infiltracją przez wykonywanie systemów urządzeń o funkcjach retencyjno-infiltracyjnych, szczególnie ze względu na poprawę bilansu wodnego i warunków środowiskowych.

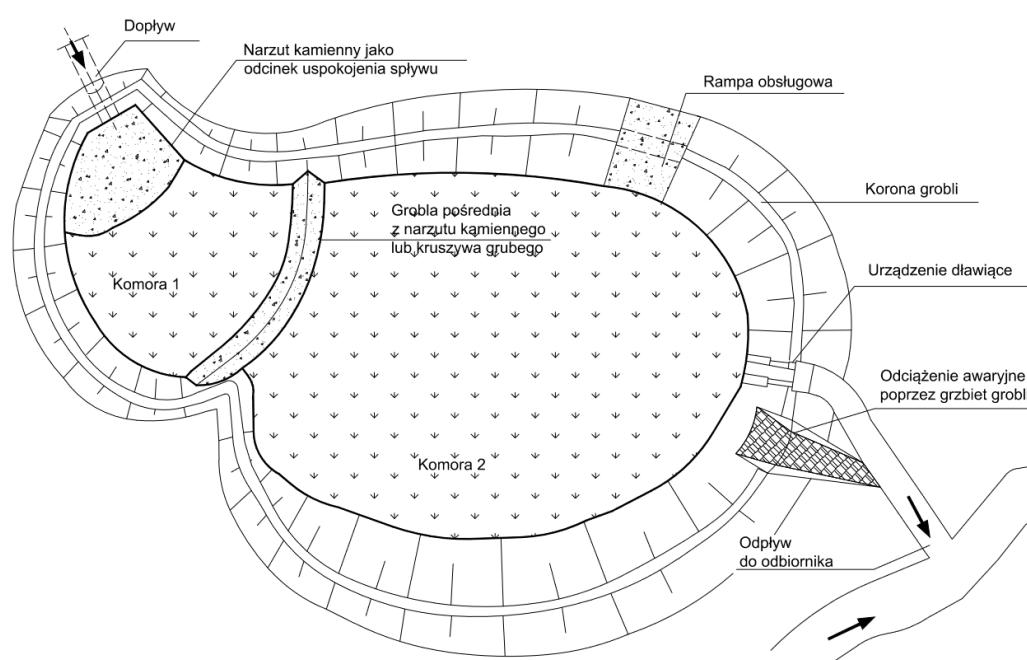
(7) Stawy stanowią szczególny rodzaj zbiornika i wyróżniają się tym, że są to obiekty otwarte, stosunkowo płytkie, o dłuższym czasie zatrzymania wód i bardziej naturalnym charakterze czy wyglądzie oraz szerszym spektrum funkcjonalnym (tzn. posiadające nie tylko z funkcję retencyjną, ale też biologiczną, krajobrazową itp.). Stawy mogą mieć nieregularne kształty, a także nieuszczelnione dno i skarpy. Bardzo ważną rolę w oczyszczaniu pełni roślinność wodna, obficie rosnąca zarówno na brzegach jak i na powierzchni wodnej stawów. Duża powierzchnia i niewielka głębokość czynna pozwala na wytworzenie idealnych warunków do usuwania zanieczyszczeń przez sedymentację oraz procesy biologiczne. Przykłady stawów pokazano na rys. 8.3.4.2, 8.3.4.3 i 8.3.4.3.

(8) Podobnie jak w zbiornikach retencyjnych, zaleca się wstępne wydzielenie grubszych zanieczyszczeń stałych w osadnikach lub w wydzielonej części wlotowej stawu.

(9) Prace utrzymaniowe i eksploatacja czaszy stawów są podobne, jak w przypadku zbiorników retencyjnych i retencyjno-infiltracyjnych.

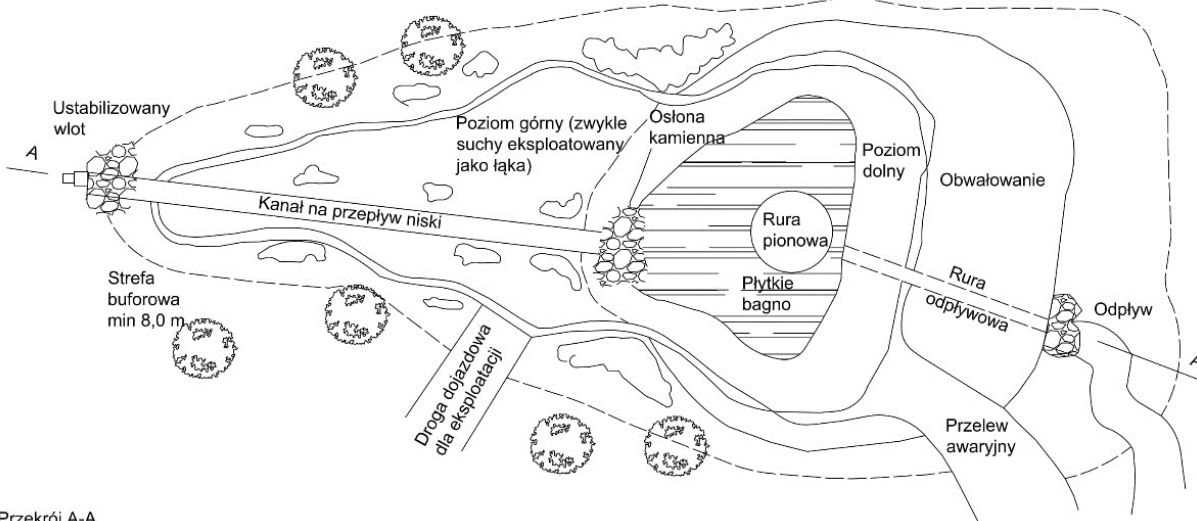
(10) Stawy ze względu na rozwiązania przestrzenne i funkcjonalne dzielą się na suche (o rozszerzonej retencji) i mokre (ze stałą strefą wodną).

(11) Zalecenia dotyczące zasad projektowania i eksploatacji stawów suchych o rozszerzonej retencji podano w tab. 8.3.4.1.

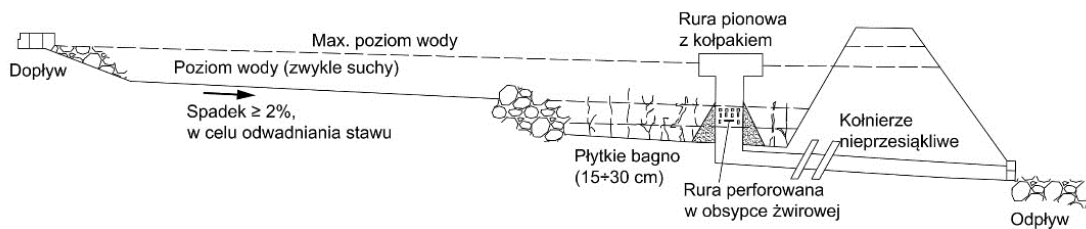


Rys. 8.3.4.2. Staw retencyjny suchy o rozszerzonej retencji [27]

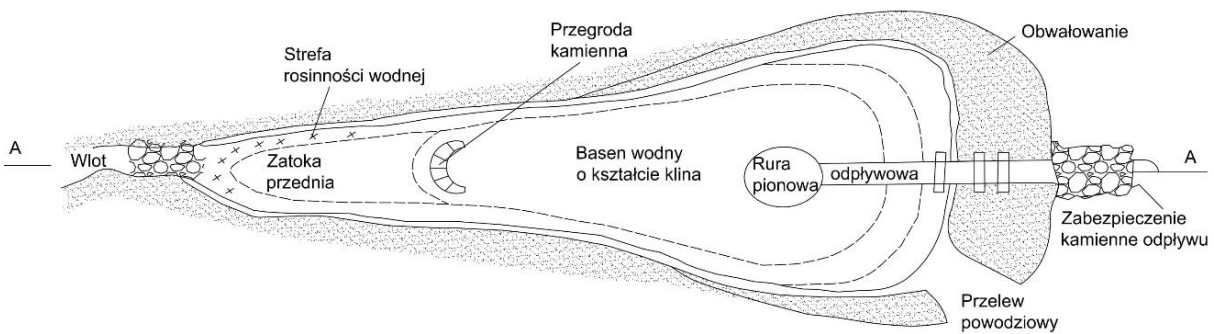
Widok z góry



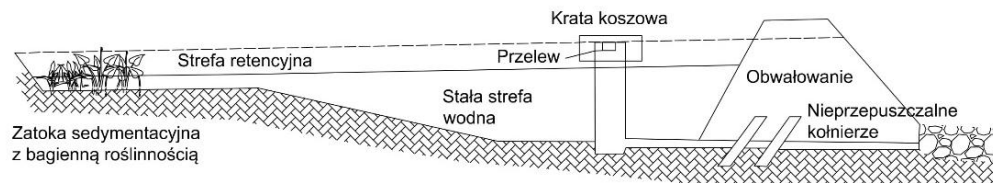
Przekrój A-A



Rys. 8.3.4.3. Staw retencyjny suchy o rozszerzonej retencji [26]



Przekrój A-A



Rys. 8.3.4.4. Staw retencyjny mokry ze stałą strefą wodną [26]

Tab. 8.3.4.1. Zalecenia dotyczące zbiorników-stawów suchych o rozszerzonej retencji

Elementy zbiornika-stawu i jego wyposażenie	Zalecenia
Zbiornik i elementy doprowadzające i odprowadzające sphywy	<p>Stosowanie dwóch poziomów retencji, przy czym górna część stawu jest wymiarowana i nachylona (minimum 2%) w ten sposób, aby pozostawała sucha, z wyjątkiem okresów dużych sphywów, zaś dolna jest zalewana regularnie. Zaleca się utrzymanie stałej, płytkiej (15-30 cm) części wodnej w stawie, co przeciwdziała re-sedymentacji zanieczyszczeń zgromadzonych na dnie i zapobiega akumulacji drobnych zanieczyszczeń wokół pionowej rury odprowadzającej. Roślinność wodna pomaga w usuwaniu rozpuszczonych zanieczyszczeń, które nie podlegają osadzeniu</p> <p>Zalecana jednostkowa objętość retencyjna powinna wynosić od 125 do 250 m³/ha powierzchni szczelnej odwadnianej drogi. Wartość górna (w połączeniu z zastosowaniem części bagiennej, jw.) umożliwi zarówno uzyskanie wysokiego stopnia oczyszczania jak również obniżenia natężenia sphywu, a tym samym przeciwdziałanie erozji dolnego kanału odpływowego podczas większych deszczów</p> <p>Zalecany czas retencji wynosi od 6 do 24 h, tym większy im lepszy efekt oczyszczania zamierza się osiągnąć (optymalny – 24 h). Dla dużych zlewni, w celu przeciwdziałania erozji dolnych kanałów odpływowych, może wystąpić konieczność zastosowania dłuższego czasu zatrzymania (nawet do 40 h)</p> <p>Urządzenie utrzymujące retencję wymaga szczególnie dokładnego zaprojektowania i wykonania. Otwory utrzymujące retencję w dolnej części stawu mogą ulegać zatykaniu. Otwory w dolnej części pionowej rury wylotowej powinny być chronione siatką lub tkaniną filtracyjną oraz obsypką żwirową lub kamienną o odpowiednio większej średnicy. Konstrukcja rury pionowej musi zapewniać dostępność do czyszczenia</p> <p>Kanał doprowadzający wody opadowe do dolnej części stawu winien być wykonany z materiałów o wysokiej odporności na ścieranie (np. kamień, beton, bruk), a przy wlocie do stawu zakończony nasypem kamiennym lub innym materiałem redukującym prędkość i energię strumienia wody, co przeciwdziała re-sedymentacji zanieczyszczeń</p> <p>Niezbędne jest zabezpieczenie przed przesiąkaniem wzdłuż poziomej rury odprowadzającej</p> <p>Nachylenie skarp stawu powinno wynosić od 1:3 do 1:20 i umożliwiać dostęp sprzętu eksploatacyjnego, np. kosiarek mechanicznych</p>
Otoczenie zbiornika	Obwałowanie powinno umożliwiać dodatkowe napełnienie o 10-20% i wznosić się min. 0,5 m ponad przelew awaryjny
Dojazd do zbiornika	Niezbędny jest dojazd do zbiornika (nawierzchnia ustabilizowana np. płytami ażurowymi lub z tworzyw sztucznych o szerokości 3,0 m, nachylenie nie większe niż 1 : 10) oraz zjazd na dno stawu dla celów konserwacji, z ustabilizowaną nawierzchnią, o szerokości 3,0 m i nachyleniu nie większym niż 1 : 5
Zieleń w otoczeniu zbiornika	Zaleca się, aby otoczyć zbiornik wkomponowaną w krajobraz strefą buforową (szerokość ok. 8,0 m), obsadzoną drzewami i krzewami, szczególnie na terenach osiedli i terenach rekreacyjnych
Napełnienie zbiornika	Zbiornika nie należy oddawać do eksploatacji przed ustabilizowaniem się górnej części retencyjnej (porost roślinnością)

8.3.5. Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne

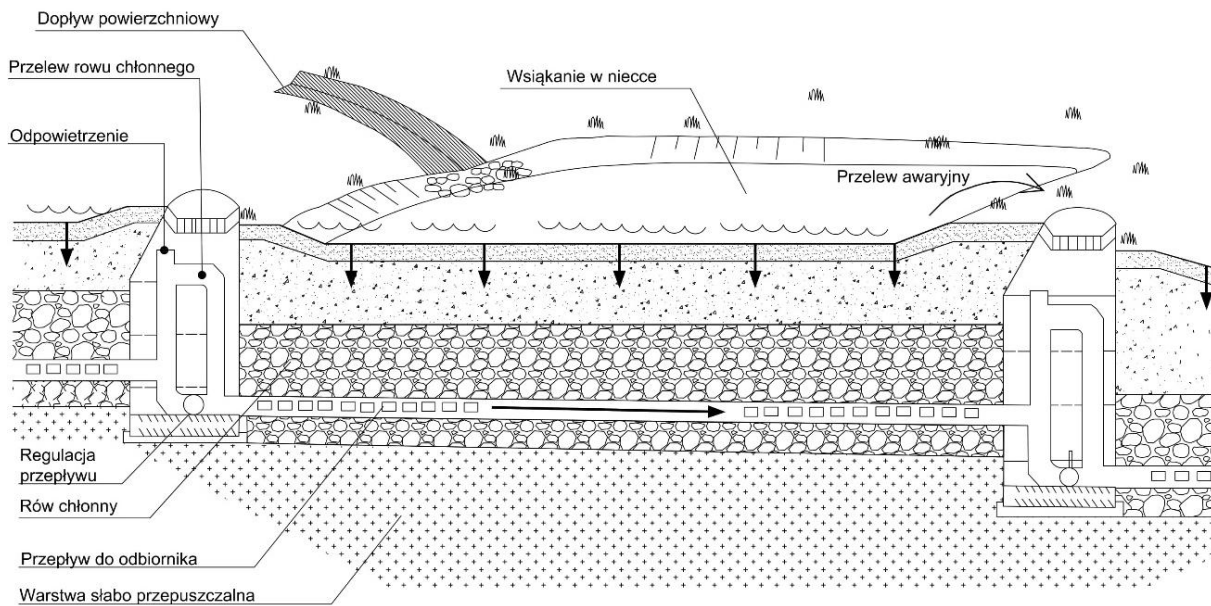
(1) Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne pełnią rolę wyrównawczą natężenia przepływu wód i oczyszczającą w wyniku infiltracji przez warstwę filtracyjną gruntu lub przewody drenarskie.

(2) Ze zbiornika retencyjno-infiltracyjnego mogą występować dwa wzajemnie uzależnione odpływy: do gruntu i do systemu odwodnienia położonego poniżej lub do odbiornika powierzchniowego.

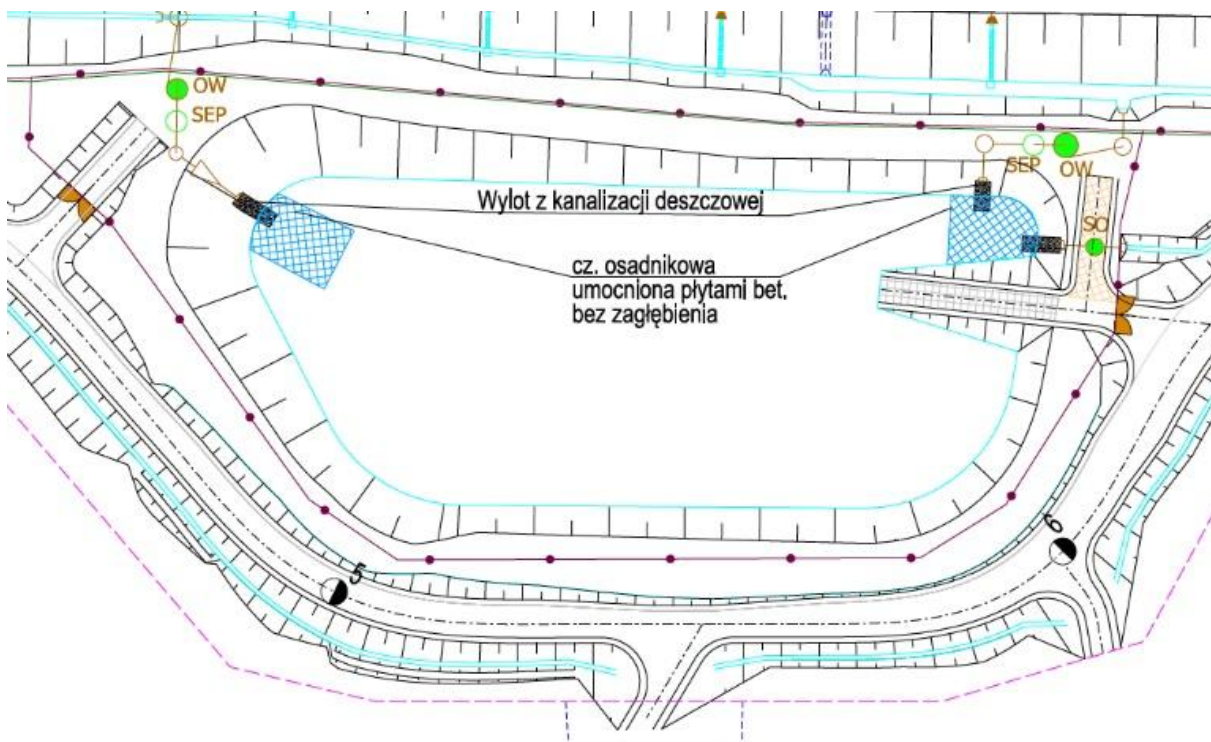
(3) W granicach dolnych napełnień zbiornika powinien występować wyłącznie odpływ do gruntu. Przy większych napełnieniach może wystąpić odpływ do odbiorników powierzchniowych lub kanalizacji. Jednocześnie z uwagi na zwiększone ciśnienie zwiększa się prędkość filtracji wód do gruntu.

(4) Metody mieszane polegają na łączeniu ze sobą rozwiązań podanych w podrozdziałach 8.3.3 i 8.3.4 (przykłady na rys. 8.3.5.1 i 8.3.5.2).

(5) Ograniczeniami w stosowaniu poszczególnych rozwiązań są głównie warunki przestrzenne, dostępność terenu i warunki gruntowe podłoża.



Rys. 8.3.5.1. Przykładowy schemat rozwiązania mieszanego łączącego elementy zbiornika retencyjno-infiltracyjnego oraz filtra pionowego [27]



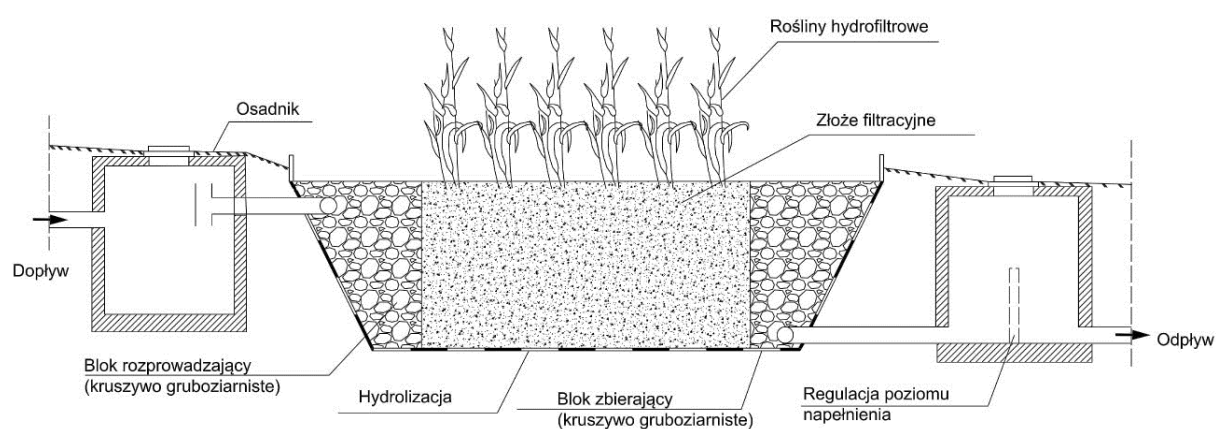
Rys. 8.3.5.2. Przykład projektowy zbiornika retencyjno-infiltracyjnego

8.3.6. Filtry hydrofitowe

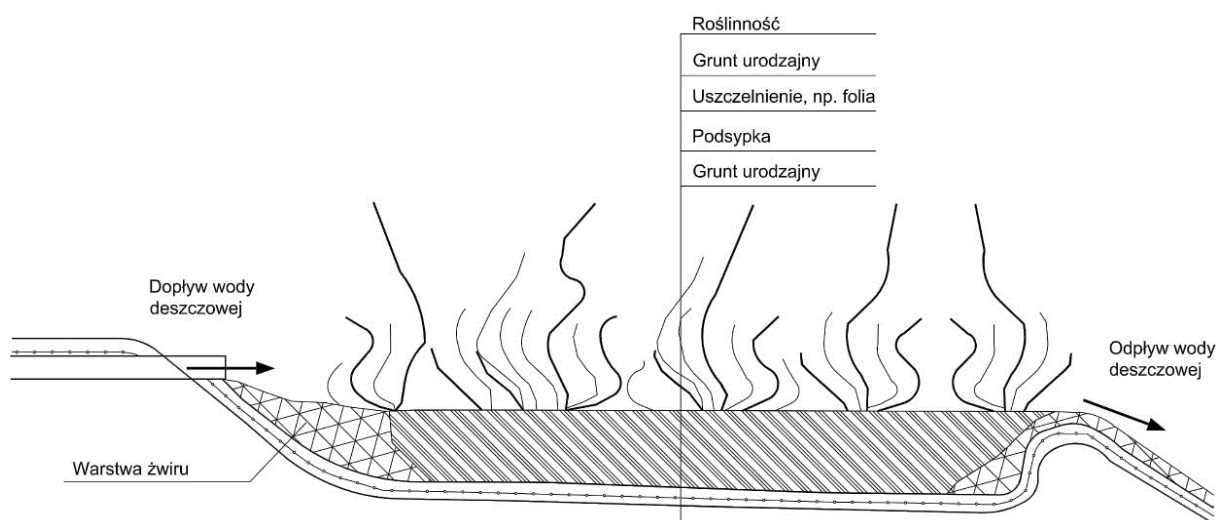
(1) Filtry hydrofitowe ze złożem piaskowo-żwirowym porośniętym roślinnością hydrofitową zaleca się wykorzystywać do pogłębionego oczyszczenia wód opadowych i roztopowych – zarówno do usuwania drobnych zawieszin, jak też związków ropo pochodnych, biogenych, a także metali ciężkich (rys. 8.3.6.1, 8.3.6.2 i 8.3.6.3).

(2) W filtrach hydrofitowych stosuje się rośliny o rozbudowanym systemie korzeniowym, przede wszystkim rośliny wodne (hydrofity) posiadające zdolność przewodzenia tlenu do korzeni i jego uwalniania do podłoża gruntowego. Przed filtrem podczyszcza się ścieki mechanicznie (osadnik lub zbiornik retencyjno-sedymentacyjny). W przeciwnym wypadku występuje groźba szybkiej kolmatacji filtra.

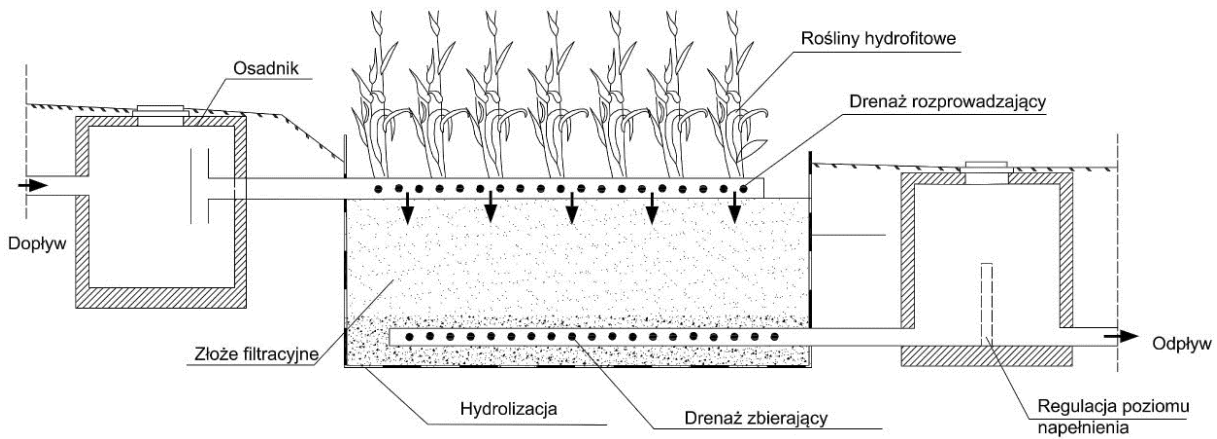
(3) Projektowanie filtrów hydrofitowych wymaga odpowiedniego doboru wypełnienia filtra pod względem właściwości filtracyjnych, gdyż w przypadku zanieczyszczonych wód opadowych występują często zwiększone przepływy. Z uwagi na ograniczoną przepustowość dostępnych wypełnień filtracyjnych zaleca się zapewnienie współpracujących filtrów hydrofitowych ze zbiornikami retencyjnymi.



Rys. 8.3.6.1. 1. Schematyczny przekrój filtra hydrofitowego o przepływie poziomym z budowlą regulacyjną na odpływie

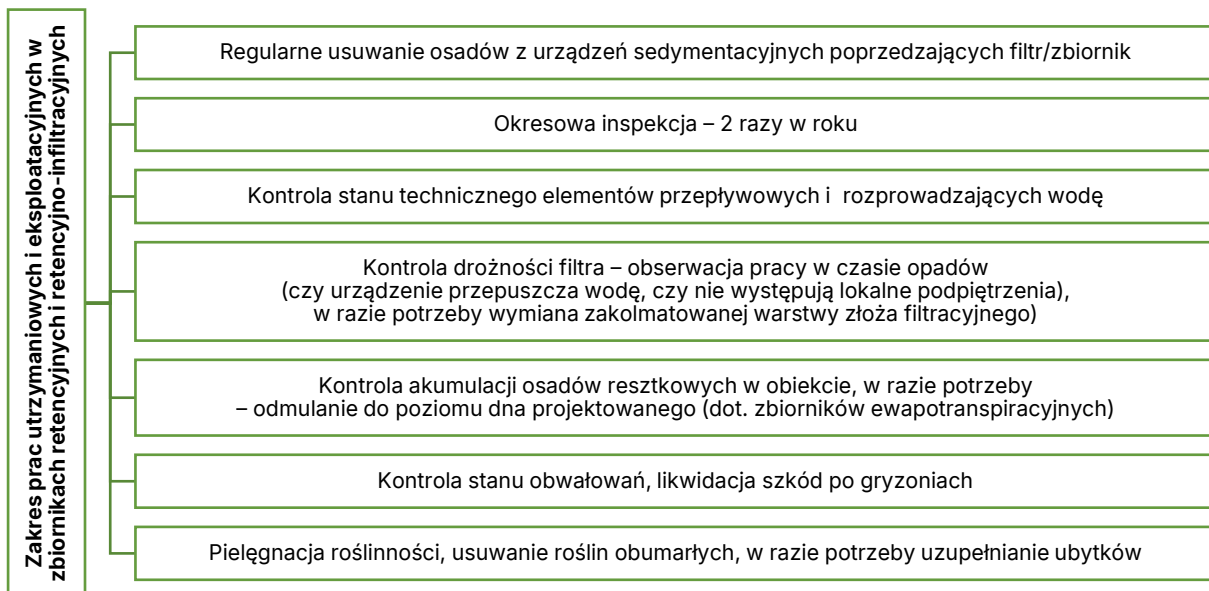


Rys. 8.3.6.2. Schematyczny przekrój filtra hydrofitowego o przepływie poziomym – konstrukcja uproszczona z tzw. pasażem roślinnym



Rys. 8.3.6.3. Schematyczny przekrój filtra hydrofitowego o przepływie pionowym

(4) Zalecany zakres prac związanych z utrzymaniem i eksploatacją filtrów hydrofitowych przedstawia rys. 8.3.6.3.



Rys. 8.3.6.4. Zalecany zakres prac związanych z utrzymaniem i eksploatacją filtrów hydrofitowych

8.3.7. Rośliny stosowane w metodach seminaturalnych

(1) Zastosowanie rodzaju i ilość roślin są limitowane warunkami, jakie należy stworzyć, aby skutecznie eliminować zanieczyszczenia.

(2) Zaleca się stosowanie roślin wodnych oraz gatunków traw, które wykazują zdolność do biodegradacji i akumulowania zanieczyszczeń (metale ciężkie, związki ropopochodne) oraz odpornych na zwiększone zasolenie i związki ropopochodne. Są to rośliny nie wymagające dużych zabiegów pielęgnacyjnych, nie ma zatem problemów z ich wzrostem

(3) Trawy wyłącznie kosi się, a większe rośliny przycina się przynajmniej dwa razy w roku.

(4) Roślinność dobiera się zgodnie z zaleceniami określonymi w rozdziale 11.

8.4. Przegrody i bariery hydroizolacyjne ograniczające rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń

(1) W obszarach ochronnych ujęć wód podziemnych, obszarach chronionych źródeł lub innych obszarach wrażliwych na skażenia substancjami wytwarzanymi podczas budowy i eksploatacji dróg rozważa się zastosowanie barier (przegród) hydroizolacyjnych chroniących grunty i wody gruntowe przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń, których nośnikiem są wody opadowe.

(2) Wśród najczęściej stosowanych przegród hydroizolacyjnych wyróżnia się:

- a) przegrody naturalne;
 - warstwy naturalnych skał ilastych,
 - przesłony gruntowo-bentonitowe, czyli warstwy naturalnych skał ilastych, których parametry zostały ulepszone przez dodanie domieszki bentonitu,
- b) bariery geosyntetyczne;
 - maty bentonitowe (bentomaty),
 - geomembrany,
- c) geosyntetyczne przesłony kompozytowe – przegrody mieszane (geokompozyty).

(3) Szerszy opis oraz zalecenia związane z zastosowaniem przegród i barier hydroizolacyjnych ograniczających rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń podano w [21].

8.5. Urządzenia techniczne podczyszczające wody opadowe lub roztopowe

8.5.1. Osadniki i piaskowniki

(1) W przypadku podczyszczania wód opadowych lub roztopowych terminy osadnik i piaskownik są często używane zamiennie. Związane jest to z ziarnistym charakterem zawiesin. Zadaniem klasycznych piaskowników na oczyszczalniach komunalnych jest usuwanie ze ścieków piasku i innych zawiesin mineralnych (0,1-0,2 mm i większe), przy wykorzystaniu procesu sedymentacji.

(2) Osadniki wód deszczowych i roztopowych służą do ochrony odbiorników przed zawiesinami. Wodom opadowym lub roztopowym odprowadzanym z dróg, parkingów i obiektów towarzyszącym drogom, powinny zapewnić wymaganą redukcję zawiesin.

(3) Osadniki wód deszczowych mogą być stosowane:

- a) jako urządzenia podczyszczania końcowego – do podczyszczania wód opadowych lub roztopowych przed wprowadzeniem do odbiorników,
- b) jako jedno z urządzeń w ciągu technologicznym – przed innymi urządzeniami, które również usuwają zawiesiny, ale wymagają zabezpieczenia przed ich nadmierną ilością (np. stawy, zbiorniki, filtry, separatory substancji ropopochodnych).

(4) Wielkość osadnika zależy od stopnia zanieczyszczenia wód opadowych lub roztopowych oraz od warunków, jakie muszą spełniać odpływy z osadnika, tj.:

- a) warunków zrzutu przed wprowadzeniem wód do odbiornika – w przypadku zastosowania jako urządzenia podczyszczania końcowego,
- b) warunków wprowadzenia wód w ciągu technologicznym do dalszych urządzeń podczyszczających – w przypadku zastosowania jako jedno z urządzeń w ciągu technologicznym.

(5) Osadniki usuwają z wód opadowych lub roztopowych zanieczyszczenia o gęstości większej od 1 g/m³. Funkcją osadników pełnią również zbiorniki retencyjne (retencyjno-sedymentacyjne). Zbiornika nie stosuje się jako jedyne urządzenie sedymentacyjne w ciągu technologicznym, więc tam, gdzie to tylko możliwe, poprzedza się go przynajmniej piaskownikiem, w celu wstępnego zatrzymania najgrubszych frakcji zawiesin.

(6) Dobrze zaprojektowana podczyszczalnia powinna posiadać odpowiednią powierzchnię czynną, zapewniającą uzyskanie zakładanej stałej sprawności instalacji. Obliczenia obciążenia hydraulicznego wykonuje się dla frakcji zawiesin, które są przewidywane do wydzielania w projektowanym osadniku.

(7) Zgodnie z normą [5] zakłada się, że zawiesiny w spływach deszczowych z dróg są uziarnione bardzo drobno i zaleca się przyjmować skład frakcyjny zawiesin w następujący sposób:

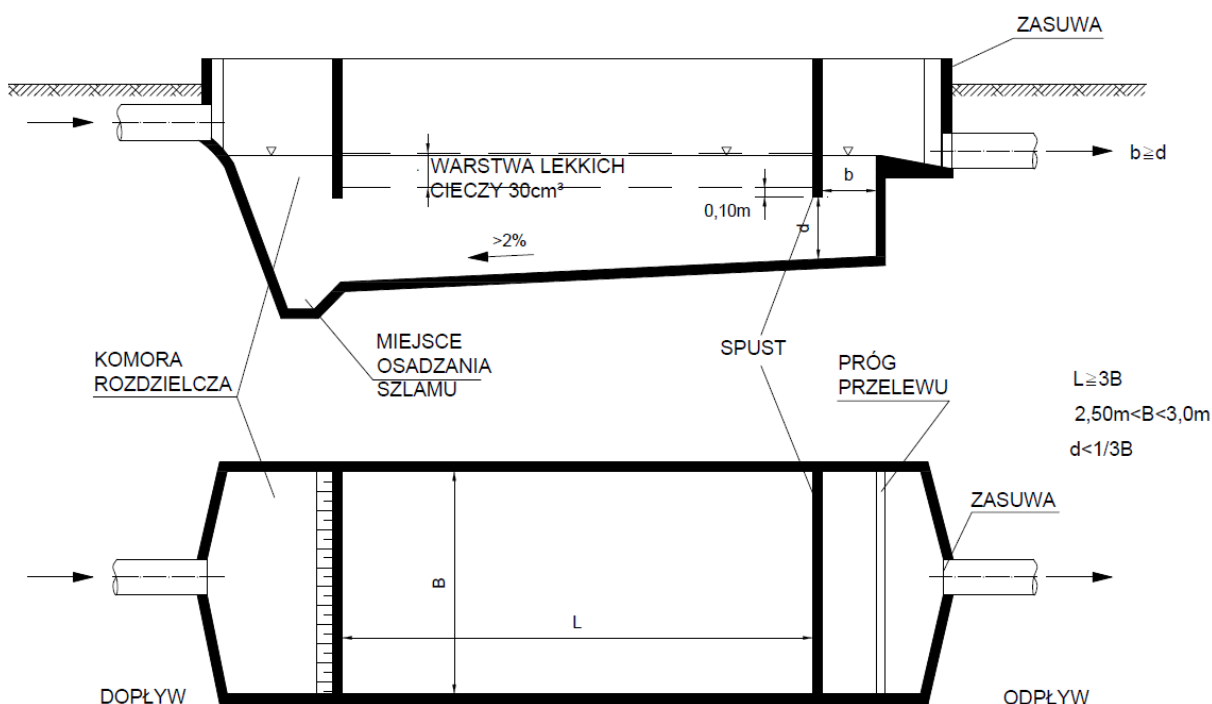
- średnica ziaren stanowiących wraz z mniejszymi 10% suchej masy
 $d_{10} = 0,007 \text{ mm}$,
- średnica ziaren stanowiących wraz z mniejszymi 50% suchej masy
 $d_{50} = 0,030 \text{ mm}$,
- średnica ziaren stanowiących wraz z mniejszymi 90% suchej masy
 $d_{90} = 0,400 \text{ mm}$.

(8) Prędkość sedymentacji, która pozwala na usunięcie zawiesin o określonych średnicach ziaren, przyjmuje się zgodnie z tab. 8.5.1.1.

Tab. 8.5.1.1 Wybrane wartości prędkości sedymentacji dla drogowych wód opadowych lub roztopowych [21]

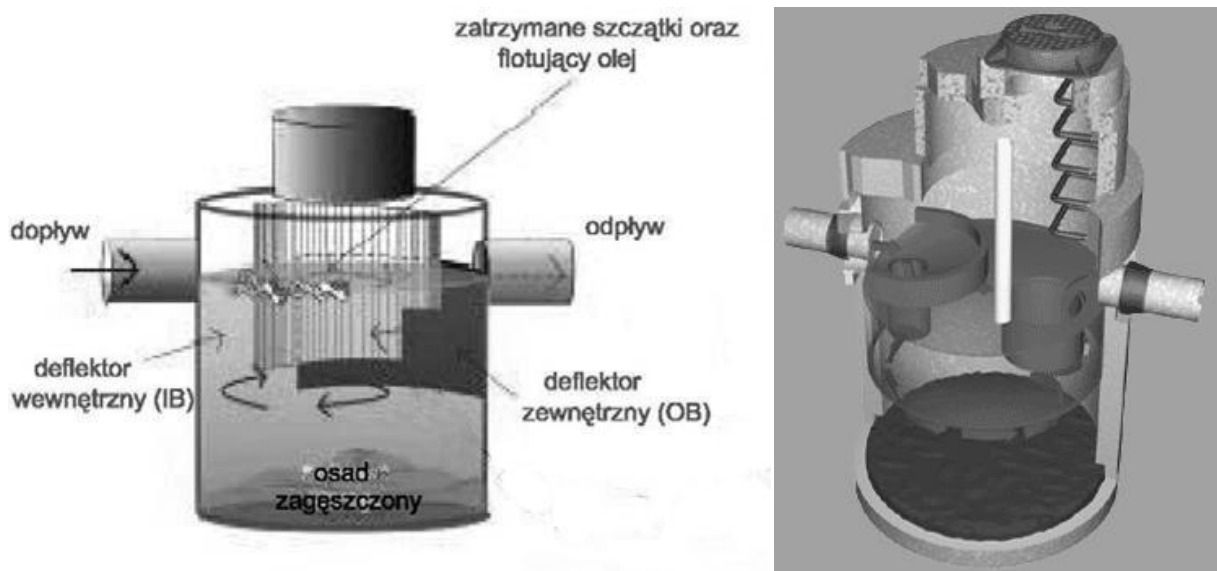
Frakcja osadu [mm]	Prędkość V50% [m/h]	Proporcje wagowe [%]
<0.05	4.1	68
>0.05	50	32
razem	7.2	100

(9) Kierunek przepływu ścieków w osadnikach może być poziomy podłużny (rys. 8.5.1.1) lub poziomy radialny o przepływie poziomym strug wody rozchodzących się promieniście od środka osadnika ku jego obwodowi.



Rys. 8.5.1.1. Ogólny schemat osadnika otwartego o przepływie poziomym podłużnym [21]

(10) Dopuszcza się również stosowanie osadników o przepływie wirowym (rys. 8.5.1.2), w których, przy odpowiednim rozwiązaniu przestrzennym, rozdzielanie faz o różnych ciężarach właściwych (zawiesin opadających, zawiesin lotnych i wody) jest wspomagane siłą odśrodkową.



Rys. 8.5.1.2. Przykłady różnych rozwiązań osadników z przepływem wirowym [21]

(11) Osadniki zwykle wyposaża się w:

- a) deflektory dopływu, mające za zadanie uspokojenie strugi dopływających ścieków,
- b) zasyfonowanie odpływu (opcjonalnie), mające za zadanie zabezpieczenie przed odpływem substancji pływających (osadnik wówczas staje się najprostszym grawitacyjnym separatorem substancji lekkich, w tym substancji ropopochodnych),
- c) regulatory dopływu oraz komory magazynowania i zagęszczania osadu.

(12) Projektując podczyszczalnię deszczową z urządzeniami zintegrowanymi (osadnik z separatorem w jednym zbiorniku) wyposażonymi w przelew wewnętrzny, sprawdza się założenia technologiczne i sposób rozwiązania konstrukcji przelewu i części osadnikowej, zwłaszcza jeżeli projektowana podczyszczalnia obsługuje zlewnię silnie zanieczyszczoną.

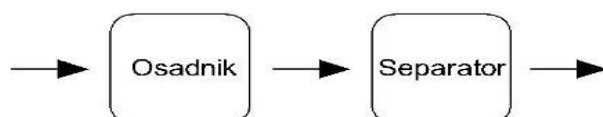
(13) Szczegółowy opis osadników wraz z zasadami ich wymiarowania podano w [21].

8.5.2. Separatory substancji ropopochodnych

(1) Urządzenia sedymentacyjno-flotacyjne, zwane potocznie separatorami, zdefiniowane zostały w normach [7] i [8], w których określono definicje urządzeń, zasady wymiarowania, budowy, dostawy, montażu, eksploatacji i badań kontrolnych separatorów grawitacyjnych, koalescencyjnych oraz osadników poprzedzających separatory.

(2) Separatory ropopochodne zawsze współpracują z osadnikami, z którymi mogą tworzyć jeden zintegrowany zbiornik lub stanowią dwa oddzielne obiekty (rys. 8.5.2.1).

a) separator poprzedzony osadnikiem



b) separator zintegrowany z osadnikiem



Rys. 8.5.2.1. Schematy zabudowy separatora [21]

(3) W skład elementów instalacji, oprócz osadnika i separatora, wchodzi również studzienka do poboru próbek. Jest ona montowana na odpływie z separatora i służy do monitorowania jakości wód odprowadzanych do odbiornika.

(4) Separatory substancji olejowych dzielą się na separatory I i II klasy.

(5) Separatory I klasy to urządzenia, w których podczas badań laboratoryjnych prowadzonych zgodnie z normami [7] i [8], zawartość oleju normowego w wodach oczyszczonych wynosi nie więcej niż 5 mg/l.

(6) Z uwagi na sposób rozdzielania zanieczyszczeń, separatory dzieli się na: separatory grawitacyjne, lamelowe i koalescencyjne. Z punktu widzenia efektywności usuwania zanieczyszczeń ropopochodnych, do grupy separatorów II klasy można zaszeregować większość prostych separatorów grawitacyjnych, natomiast separatory I klasy z reguły utożsamiane są z separatorami koalescencyjnymi.

(7) Separatory grawitacyjne działają na zasadzie rozdziału substancji o różnych gęstościach pod działaniem wyłącznie sił grawitacji – krople cieczy lekkich (olej, benzyna) wypływają i gromadzą się na powierzchni wód opadowych.

(8) Separatory koalescencyjne (rys. 8.5.2.2) zapewniają wyższy stopień oddzielania, niż separatory grawitacyjne, ponieważ flotacja grawitacyjna wspomagana jest procesem koalescencji.

(9) Wyróżnia się wiele podgrup separatorów koalescencyjnych, w zależności od budowy oraz zastosowanych elementów koalescencyjnych, którymi mogą być empirycznie dobrane skosy powodujące hydrauliczną koalescencję, siatki, maty lub gąbki filtracyjne oraz pakiety lamelowe (separatory lamelowe), których zasada działania, pomimo różnic w budowie, pozostaje taka sama.

(10) Wielkość nominalna separatora (NS) jest wielkością bezwymiarową, stosowaną do jego hydraulicznego wymiarowania. Odpowiada ona wartości przepływu przez separator (w [l/s]) podczas wyznaczania przepustowości. Zalecane wielkości nominalne separatorów są następujące: 1,5; 3,0; 6,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0; 65,0; 80,0; 100,0; 125,0; 150,0; 200,0; 300,0; 400,0 i 500,0.

(11) Z uwagi na miejsce wykonania urządzeń, normy [7] i [8] wyodrębniają separatory prefabrykowane, które w całości lub w postaci gotowych części są produkowane w zakładzie produkcyjnym wytwórcy, oraz separatory wykonywane w miejscu ich posadowienia. Wykonanie separatora w miejscu posadowienia dopuszcza się w przypadku urządzeń o wielkościach nominalnych równych lub większych niż 150 l/s. Urządzenia mniejszych przepustowości powinny być prefabrykowane w zakładach produkcyjnych.



Rys. 8.5.2.2. Przykład rozwiązania separatora koalescencyjnego [21]

(12) W przypadku podczyszczania wód deszczowych i roztopowych, osadniki współpracujące z separatorami powinny jednocześnie spełniać warunki obciążenia hydraulicznego oraz minimalnej objętości, która jest funkcją wielkości nominalnej separatora i rodzaju zlewni – ilości osadów (tab. 8.5.2.1).

Tab. 8.5.2.1. Minimalna pojemność osadników współpracujących z separatorem [21]

Przewidywana przykładowa ilość osadu kanalizacyjnego/obszar zastosowań		Minimalna pojemność osadnika
Mała ilość osadów (nie dotyczy oddzielaczy mniejszych lub równych NS 10, poza krytymi parkingami samochodowymi)	<ul style="list-style-type: none"> ścieki technologiczne z określoną małą pojemnością osadu kanalizacyjnego wszystkie obszary zbierające wodę deszczową, gdzie występuje niewielka ilość mułu z ruchu ulicznego lub podobnych, tj. baseny spływowe na terenach zbiorników benzynowych i krytych stacjach benzynowych 	$\frac{100NS}{f_d}$
Średnia ilość osadów (minimalna pojemność osadników 600 l)	<ul style="list-style-type: none"> stacje benzynowe, myjnie samochodowe ręczne, mycie części place do mycia autobusów ścieki z garaży i placów parkingowych pojazdów elektrownie, zakłady mechaniczne 	$\frac{200NS}{f_d}$
Wysoka ilość osadów (minimalna pojemność osadników 600 l)	<ul style="list-style-type: none"> urządzenia myjące dla pojazdów terenowych, maszyn budowlanych, maszyn rolniczych place do mycia samochodów ciężarowych 	$\frac{300NS}{f_d}$
Minimalna pojemność osadników 5000 l	<ul style="list-style-type: none"> automatyczne myjnie samochodowe, tj. obracalne, przejazdowe 	
gdzie: NS – wielkość nominalna separatora, f_d – współczynnik gęstości związany z cieczą lekką [-].		

(13) W trakcie projektowania każdorazowo sprawdza się sposób rozwiązania osadnika w urządzeniu zintegrowanym pod kątem zgodności parametrów osadnika (powierzchnia w planie/obciążenie hydrauliczne, pojemność itp.) z uwarunkowaniami konkretnej aplikacji – zwłaszcza w przypadku aplikacji dla wód opadowych silnie zanieczyszczonych zawiesinami.

(14) Konstrukcja separatorów powinna zabezpieczać wydzieloną frakcję olejową przed przypadkowym lub niekontrolowanym wypływem.

(15) Wymagana pojemność magazynowania substancji odseparowanych zależy od wielkości nominalnej. Dla separatorów prefabrykowanych pojemność ta powinna odpowiadać:

- co najmniej 10-krotności wielkości nominalnej (w litrach) – dla urządzeń wyposażonych w automatyczne urządzenia zamykające odpływ,
- co najmniej 15-krotności wielkości nominalnej (w litrach) – dla urządzeń nie posiadających automatycznych urządzeń zamykających.

(16) Separatory mogą być wyposażone w oddzielny zbiornik do magazynowania cieczy lekkich.

(17) Zastosowanie separatorów (szczególnie koalescencyjnych) do usuwania substancji ropopochodnych z wód opadowych powinno być zawsze szczegółowo umotywowane wymogami ochrony środowiska. Separatory stosuje się na stacjach benzynowych, w rejonie tankowania paliw (szczegółowe przepisy lokalne z reguły zabraniają odprowadzania wód opadowych jw. do kanalizacji deszczowej) oraz na terenie obiektów towarzyszących drogom, przy dużych rozjazdach (w obszarach węzłów), wiaduktach i mostach oraz jeżeli odbiornik wymaga szczególnej ochrony.

(18) Przy prawidłowo zaprojektowanym separatorze maksymalna ilość wód opadowych dopływających do niego nie może przekroczyć jego przepustowości hydraulicznej.

(19) Separatory sytuuje się w miejscach łatwo dostępnych do czyszczenia i obsługi, ponieważ wymagają stałego nadzoru i systematycznego czyszczenia.

(20) Lokalizacja i montaż urządzeń powinna uwzględniać warunki wynikające z obliczeń statyczno-wytrzymałościowych.

(21) Szczegółowe rozwiązania detali konstrukcyjnych separatorów (np. rodzaj pokryw, zastosowanie odsadzek, kotew lub fundamentów) dostosowuje się do warunków gruntowo-wodnych (nośność gruntu, poziom wód gruntowych) w miejscu posadowienia oraz obciążenia naziomu (teren zielony, droga dla pieszych, teren najezdny).

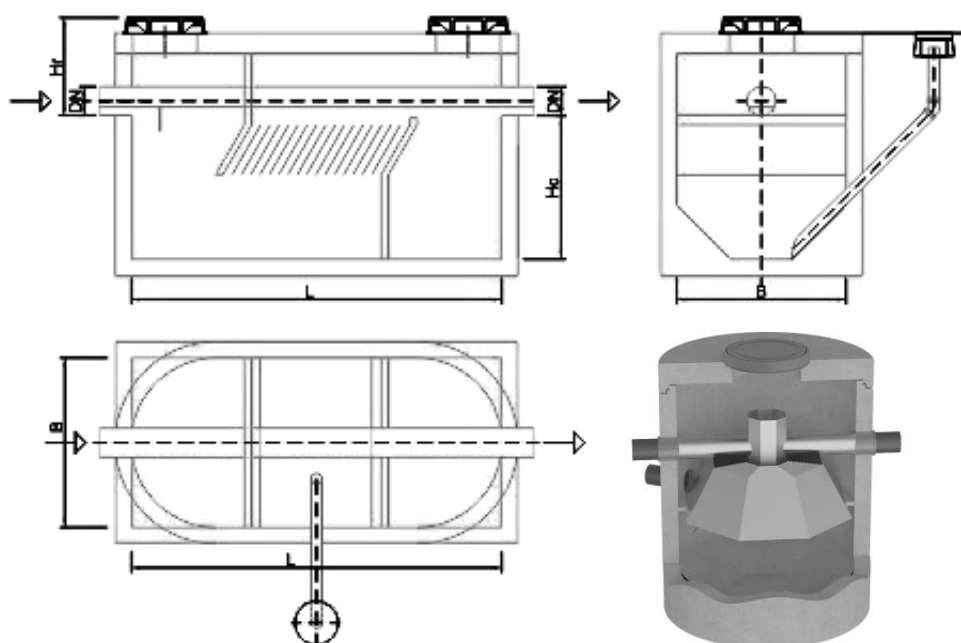
(22) Szczegółowy opis wraz z zasadami wymiarowania separatorów substancji ropopochodnych podano w [21].

8.5.3. Przelewy, zamknięcia automatyczne oraz eksploatacja osadników i separatorów

(1) Odptyw wód opadowych w ilości przekraczającej 15 l/s z 1 ha powierzchni szczelnej dróg i parkingów (z uwagi na występujący wówczas naturalny efekt rozcieńczenia zanieczyszczeń) może być wprowadzany do odbiornika bez oczyszczania, a urządzenie oczyszczające powinno być zabezpieczone przed dopływem o natężeniu większym niż jego przepustowość nominalna. Wymaga to stosowania przelewów przed urządzeniami oczyszczającymi spływy opadowe z dróg, co zaleca również norma [5].

(2) Przelewy umieszcza się przed osadnikami oraz separatorami. Głównym zadaniem przelewów jest ochrona urządzeń oczyszczających przed nadmiernym przeciążeniem (przekroczeniem przepustowości nominalnej), co mogłoby grozić wytlukaniem zanieczyszczeń zgromadzonych w urządzeniach podczyszczających (zawiesin w osadniku, lub zanieczyszczeń lekkich w separatorze).

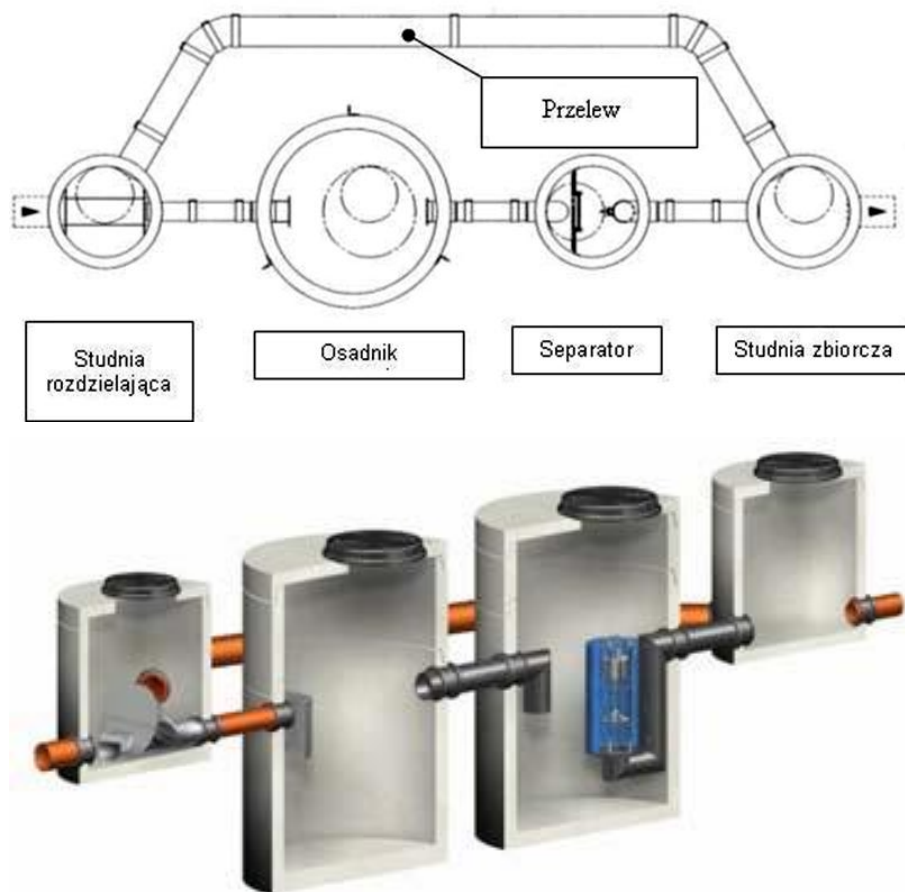
(3) W celu regulacji przepływu przez urządzenia podczyszczające, projektowane tylko dla wydzielonej strugi (przepływu nominalnego), stosuje się urządzenia regulacyjne (regulatory przepływu, upusty denne z progami, układy krawędzi przelewowych itp.) (rys. 8.5.3.1).



Rys. 8.5.3.1. Przykładowy schemat osadnika wielostrumieniowego z przelewem zintegrowanym (strona www producenta)

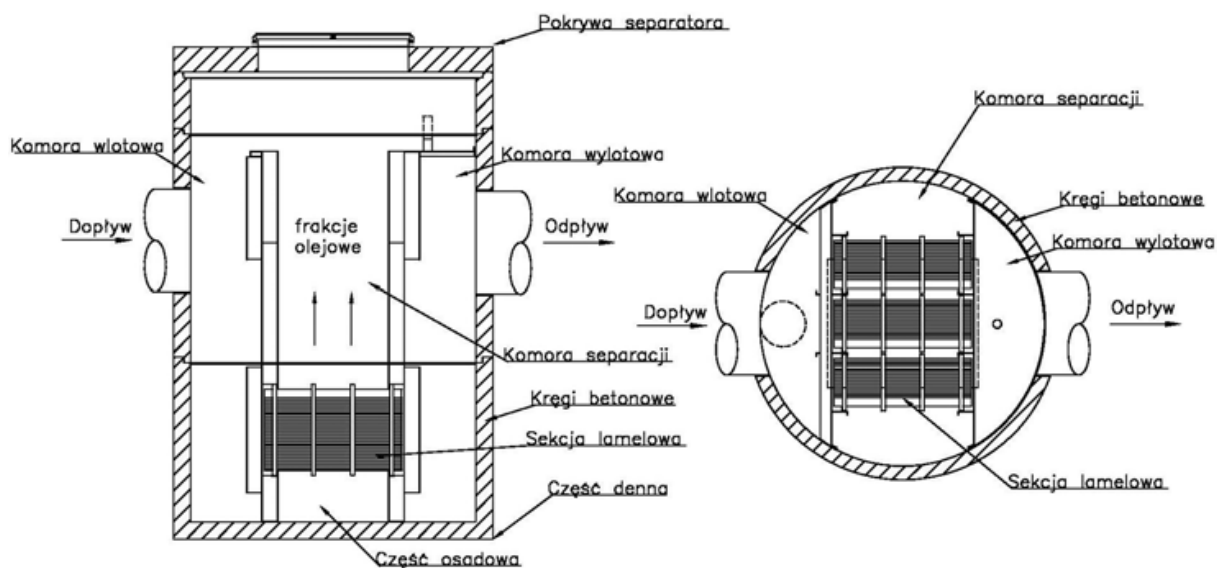
(4) Każdorazowo sprawdza się funkcjonalność rozwiązania przelewu zintegrowanego dla danej zlewni, przede wszystkim kryterium obciążenia hydraulicznego dla osadnika oraz mechanizm rozdziału strug w przelewie.

(5) Przelewy zewnętrzne projektuje się, umieszczając przed urządzeniami podczyszczającymi prefabrykowaną komorę rozdziału (najczęściej w formie studzienki) wyposażoną w urządzenie regulujące przepływ. Jest ona elementem systemu składającego się oprócz komory rozdziału, z zewnętrznego przewodu dla wód nadmiarowych oraz końcowej studzienki połączeniowej (rys. 8.5.3.2).



Rys. 8.5.3.2. Przykłady systemowych rozwiązań podczyszczalni deszczowych z przelewami zewnętrznymi [21]

(6) Zamiast układów podczyszczania wyposażonych w przelewy (wewnętrzne bądź zewnętrzne) możliwe jest zastosowanie grawitacyjnych separatorów cieczy ropopochodnych przystosowanych do zmiennych parametrów przepływu, w tym do pracy w warunkach przeciążenia hydraulicznego (rys. 8.5.3.3).

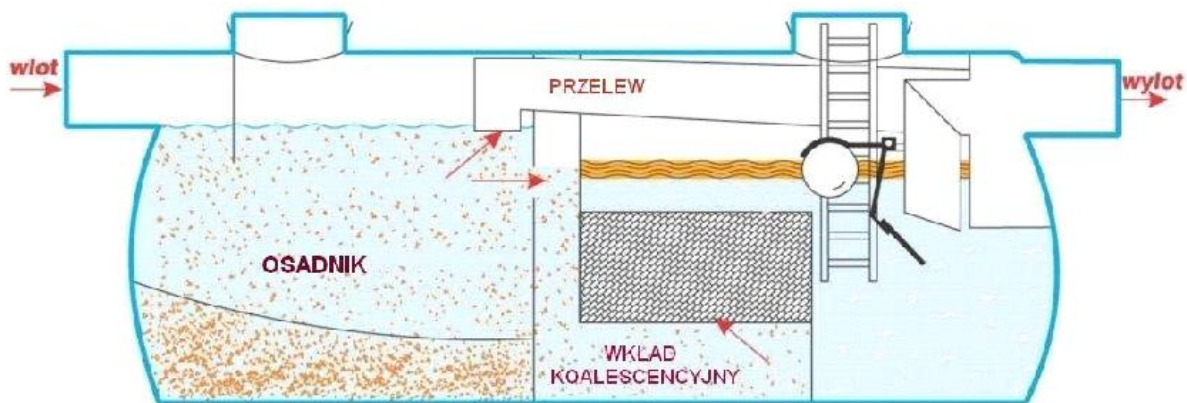


Rys. 8.5.3.3. Przykładowe rozwiązanie i zasada działania separatora lamelowego o zmiennych parametrach przepływu [21]

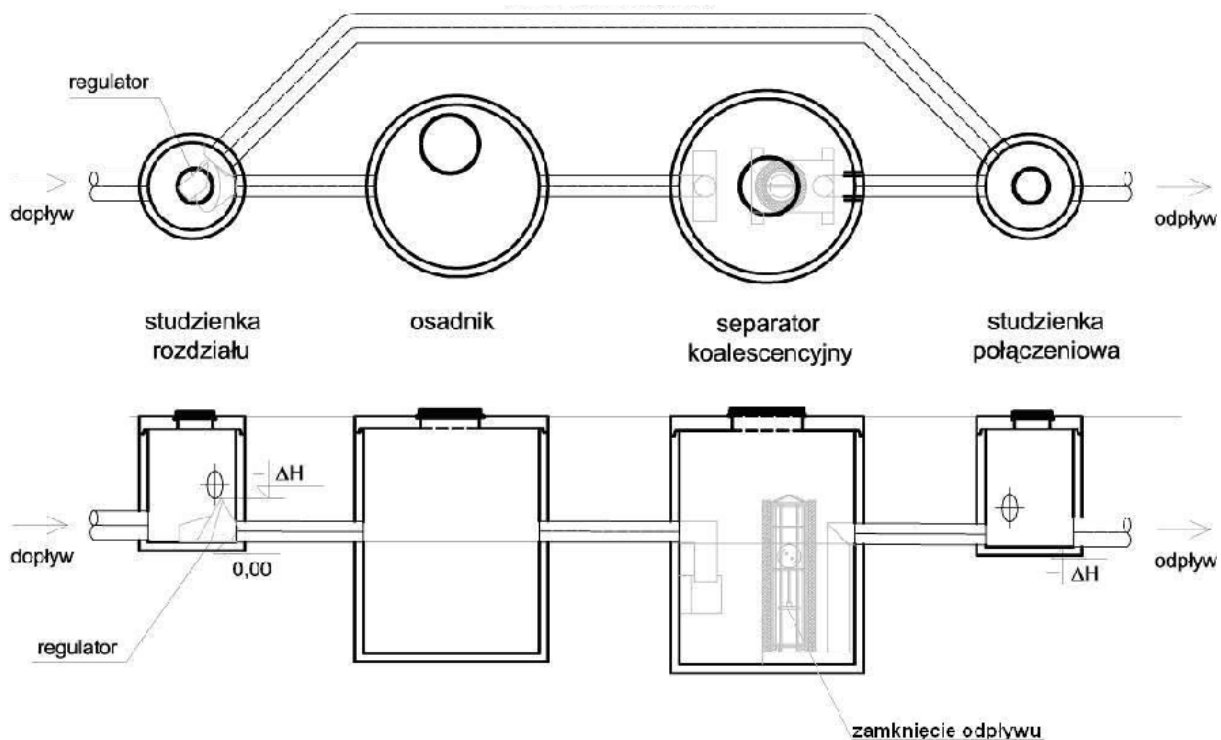
- (7) Urządzenia wymienione w akapicie (6) mają dwie wielkości znamionowe:
- przepustowość nominalną [l/s] – odpowiadającą najwyższej skuteczności podczyszczania ścieków, która powinna być większa lub równa dopływowi ścieków opadowych pochodzących z opadu nominalnego,
 - maksymalną przepustowość hydrauliczną [l/s] – odpowiadającą granicznemu dopływowi dla którego producent gwarantuje wytrzymałość konstrukcji oraz to, iż nagromadzone zanieczyszczenia nie zostaną wyniesione z wnętrza urządzenia. Powinna być ona większa od maksymalnego przepływu deszczowego przewidywanego w danym systemie odwodnienia.

(8) Zaleca się stosowanie urządzeń zabezpieczających, które w sposób automatyczny zamykają odpływ wód z separatora po wypełnieniu części komory separacji przeznaczonej na magazynowanie oleju (rys. 8.5.3.4 i 8.5.3.5).

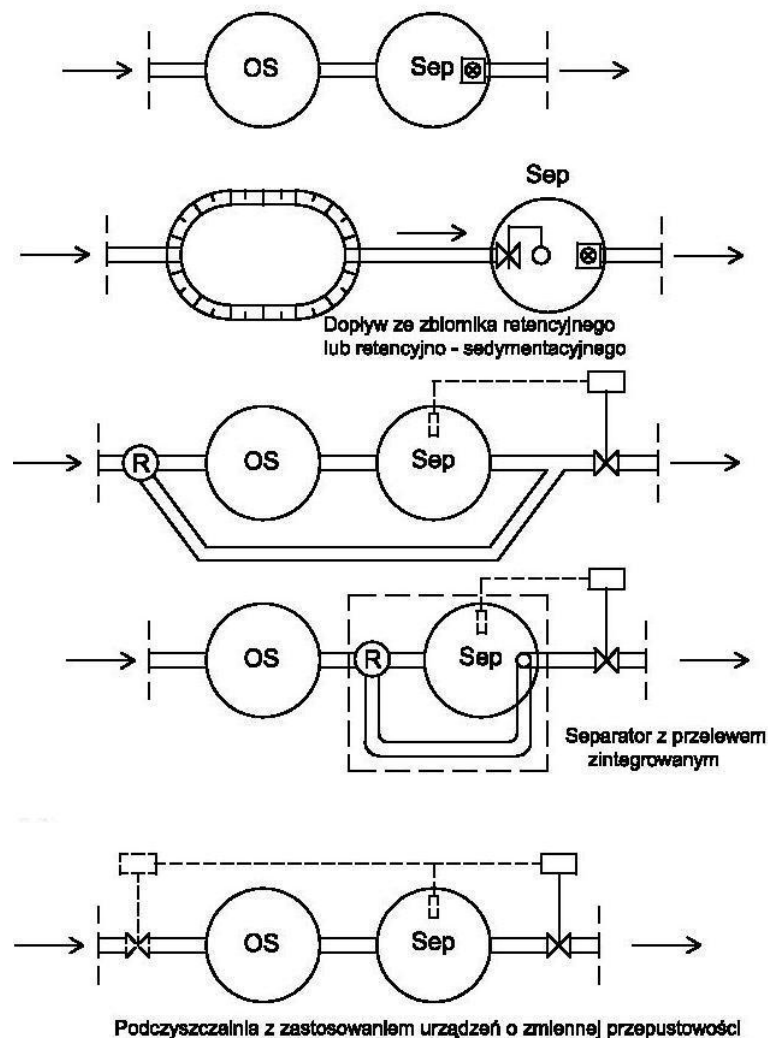
a) przelew wewnętrzny









b) przelew zewnętrzny



Rys. 8.5.3.4. Przykładowe rozwiązania podczyszczalni z separatorem wyposażonym w automatyczne zamknięcie odpływu oraz z przelewem, w których zamknięcie odpływu z separatora może w szczególnych przypadkach powodować skierowanie całego rozlewu awaryjnego do obiegu [21]



LEGENDA:

- | | | | |
|---|--|---|----------------------------------|
|  | - śluza dopływu sterowana pływakiem |  | - sonda poziomu oleju |
|  | - przepustnica sterowana układem sond |  | - pływakowe zamknięcie odpływu |
|  | - przepustnica kierowana układem sond (opcjonalna) |  | - urządzenie regulujące przepływ |
- OS** - osadnik **Sep** - separator ropopochodnych

Rys. 8.5.3.5. Przykłady stosowania zamknięć automatycznych w ciągu technologicznym podczyszczani deszczowych [21]

(9) W przypadku kierowania do separatora wód o dużej pojemności, korzystniejsze może być zastosowanie zamknięcia na dopływie do separatora, gdyż jego pojemność magazynowa w chwili uruchomienia zamknięcia może być na wyczerpaniu.

(10) Częstość kontroli i konserwacji osadników oraz separatorów określa producent lub projektant urządzeń. Czyszczenie urządzeń powinno się odbywać w miarę potrzeb na podstawie przeglądów eksploatacyjnych realizowanych raz na 6 miesięcy, zgodnie z wymaganiami podanymi w rozporządzeniu [3].

9. Odwodnienie dróg na obszarach ochrony wód

- (1) W obszarach ochrony wód zaleca się unikać się budowy dróg stanowiących zagrożenia dla naturalnego stanu wód powierzchniowych i podziemnych.
- (2) Jeżeli z ważnych powodów nie można uniknąć prowadzenia trasy przez strefę ochrony wód, stosuje się środki zapewniające maksymalną, możliwą do uzyskania ochronę przed przenikaniem wód opadowych i roztopowych z pasa drogowego do zbiorników wodnych.
- (3) Nawierzchnie drogi w obszarach ochrony wód projektuje się jako szczelne, a spływające z nich wody przejmuje się w sposób kontrolowany.
- (4) W przypadku dróg o dwóch jezdniach głównych, środkowy pas dzielący zabezpiecza się przed możliwością przenikania wód opadowych do gruntu, np. przez odcięcie membraną.
- (5) Wody opadowe z drogowych obiektów inżynierskich zbiera się przez szczelne rurociągi do kanalizacji deszczowej. W szczególnych przypadkach, przy wysokim ryzyku zdarzeń drogowych, stosuje się zabezpieczenia terenu pod i obok drogowych obiektów inżynierskich, w taki sposób, aby było możliwe awaryjne zatrzymanie zanieczyszczonych wód opadowych.
- (6) Wody opadowe z pasa drogowego zbiera i odprowadza się poza zlewnię obszarów ochrony wód. Tylko w drodze wyjątku, mogą one być odprowadzone do lokalnych odbiorników przy spełnieniu wymagań podanych w akapitach (7) i (8).
- (7) W rejonie obszarów ochrony wód szczególnie dokładnie analizuje się konieczność zastosowania środków i metod poprawy BRD, aby zminimalizować ryzyko wystąpienia zdarzeń drogowych oraz ich konsekwencji w postaci emisji zanieczyszczenia wód. W razie zdarzenia drogowego niezwłocznie zbiera się wszystkie niebezpieczne substancje, które mogłyby przedostać się do wód powierzchniowych i podziemnych.
- (8) Technologie służące uszczelnieniu i odcięciu możliwości przenikania wód opadowych w obszarach ochrony wód określa podrozdział 8.4.

10. Odwodnienie dróg w czasie budowy

(1) Zapewnienie właściwego systemu odwodnienia terenu budowy dróg warunkuje możliwość rozpoczęcia i przeprowadzenia jakichkolwiek prac budowlanych. Jest to niezbędne w celu uniknięcia utrudnień w prowadzeniu prac budowlanych i szkód powodowanych przez wody opadowe, roztopowe i gruntowe.

(2) W odniesieniu do urządzeń do odwodnienia dróg stosowanych we wszystkich fazach prac budowlanych, obowiązują takie same ogólne zasady, jak dla rozwiązań docelowych. Jeżeli ze względu na wykonywane prace budowlane konieczne są tymczasowe urządzenia do odwodnienia, to przyjmuje się takie rozwiązania, które mogłyby być wykorzystane w części lub całości jako elementy odwodnienia docelowego.

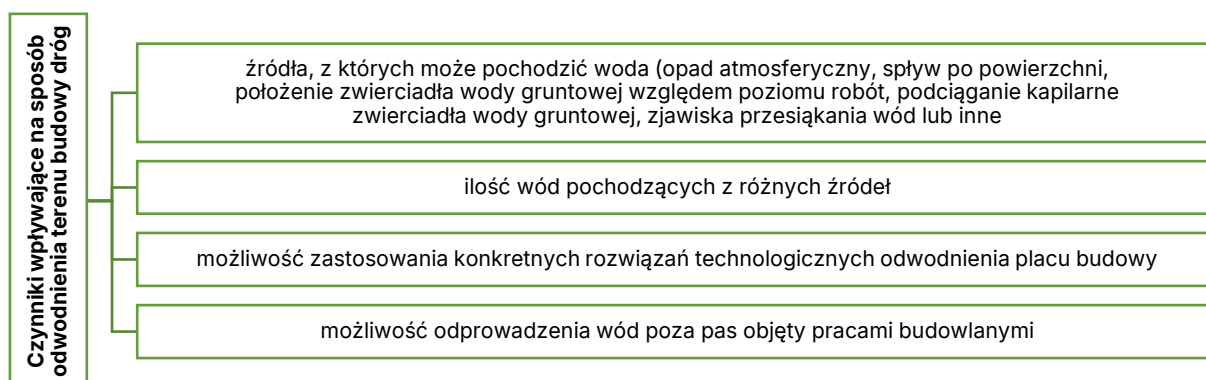
(3) Odwodnienie terenu budowy dróg wykonuje się przez takie same urządzenia do odwodnienia powierzchniowego i wgłębnego, jak stosowane do odwodnienia trwałego (docelowego).

(4) Sposób i urządzenia do odwodnienia terenu budowy dróg określa się już na etapie planowania prac budowlanych i poprzedza się właściwym rozpoznaniem warunków wodnych na terenie budowy.

(5) Właściwe zaplanowanie i wykonanie odwodnienia terenu budowy ma wpływ na:

- prawidłowe zaplanowanie harmonogramu prac budowlanych,
- możliwość rozpoczęcia właściwych prac budowlanych,
- poprawne wykonanie prac budowlanych, zarówno w zakresie robót ziemnych, jak i prac związanych z budową warstw konstrukcyjnych nawierzchni,
- możliwość wykorzystania konkretnego sprzętu budowlanego,
- możliwość zastosowania konkretnych rozwiązań technologicznych w sensie stosowanych materiałów,
- poprawność wykonania prac budowlanych, co przekłada się na trwałość budowanej drogi.

(6) Czynniki, które wpływają na sposób odwodnienia terenu budowy dróg, przedstawia rys. 10.1.



Rys. 10.1. Czynniki, które wpływają na sposób odwodnienia terenu budowy dróg

(7) Przy wykonywaniu wykopów nie dopuszcza się do spływu wód powierzchniowych z otaczającego terenu do wykopu. W tym celu, przed granicą robót ziemnych przejmują się wody opadowe i roztopowe przez rowy stokowe lub muldy.

(8) Jeżeli skarpy nasypów są podatne na erozję powodowaną przez spływające po nich wody, to przy krawędzi nasypu wykonuje się ścieki, w których będzie zbierana woda i odprowadzana rurami lub kaskadami do rowu lub muldy. Ścieki wykonuje się jako tymczasowe, do usunięcia po umocnieniu skarp, np. przez porośnięcie trawą. Nie ma potrzeby stosowania ścieków tymczasowych w przypadku gruntów nasypu odpornych na erozję.

(9) Prowadzenie prac geotechnicznych, w czasie których z gruntu usuwana jest woda, np. przy konsolidacji słabonośnych gruntów, wymaga wykonania urządzeń przejmujących wypływające wody i odprowadzających je poza zakres prowadzonych robót.

(10) W czasie trwania budowy zabezpiecza się sieci kanalizacji deszczowych przed napływem do nich zanieczyszczeń przez uszczelnienie wszystkich wpustów i włączów geowłókniną filtracyjną.

(11) Wody odprowadzane z budowy mogą unosić zawiesiny gruntu lub zawierać inne materiały pylaste pochodzące z procesów technologicznych, np. stabilizacji gruntów lub prac betoniarskich. Dlatego przed odprowadzeniem tych wód do odbiorników stosuje się w czasie prac budowlanych co najmniej prowizoryczne osadniki w celu oddzielenia zawiesin z odprowadzanych wód. Dotyczy to szczególnie kierowania wód do urządzeń infiltracyjnych.

(12) Jeżeli technologia prowadzonych prac budowlanych może powodować zagrożenia zanieczyszczenia wód spływających z budowy, to stosuje się rozwiązania właściwe do ochrony wód odprowadzanych do odbiorników, zgodnie z wymaganiami określonymi w rozdziałach 7 i 8.

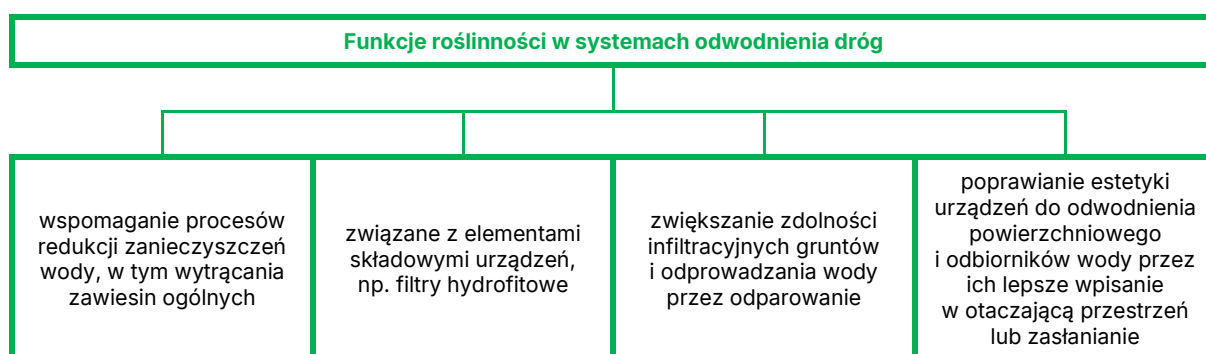
11. Roślinność w systemach odwodnienia

11.1. Wymagania ogólne

(1) Roślinność w systemach odwodnienia stosuje się w powiązaniu z ogólną koncepcją wykorzystania drzew, krzewów, bylin i traw w kształtowaniu przestrzeni dróg, z uwzględnieniem następujących funkcji roślinności:

- a) technicznej, służącej głównie poprawie percepcji przebiegu drogi i oddziaływaniu na zachowania kierujących pojazdami, w tym podkreślenia występowania różnych części dróg o istotnym znaczeniu z uwagi na bezpieczeństwo i sprawność ruchu, a także jako osłony przed wiatrem, śniegiem i światłem,
- b) kształtowania przestrzeni dróg i krajobrazu w aspekcie ich estetyki, a także funkcjonalnego rozdzielania stref w pasie drogowym o różnym przeznaczeniu,
- c) klimatycznej, rozumianej głównie jako oddziaływanie na mikroklimat w miastach poprzez regulowanie temperatury i wilgotności powietrza oraz ruchu mas powietrza,
- d) ekologicznej, rozumianej głównie jako stwarzanie środowiska przyjaznego dla ptaków i zwierząt oraz udział w procesach oczyszczania powietrza i wody.

(2) Funkcje, jakie pełni roślinność stosowana w systemach odwodnienia dróg przedstawia rys. 11.1.1.



Rys. 11.1.1. Funkcje roślinności w systemach odwodnienia dróg

(3) W systemach odwodnienia dróg wykorzystuje się rośliny wieloletnie (trawy, byliny, krzewy oraz drzewa), które są w stanie przetrwać okresowe susze, jak również okresowe zalanie, i równocześnie nie wymagają dużych zabiegów pielęgnacyjnych. Preferuje się gatunki roślin rodzimych.

(4) Zaleca się stosowanie roślin wodnych oraz gatunków traw, które wykazują zdolność do biodegradacji i akumulowania zanieczyszczeń (metali ciężkich, związków ropopochodnych) oraz odpornych na zwiększone zasolenie i związki ropopochodne.

(5) Dobór gatunków roślinności zleży od funkcji, które mają spełniać oraz strefy ich bytowania.

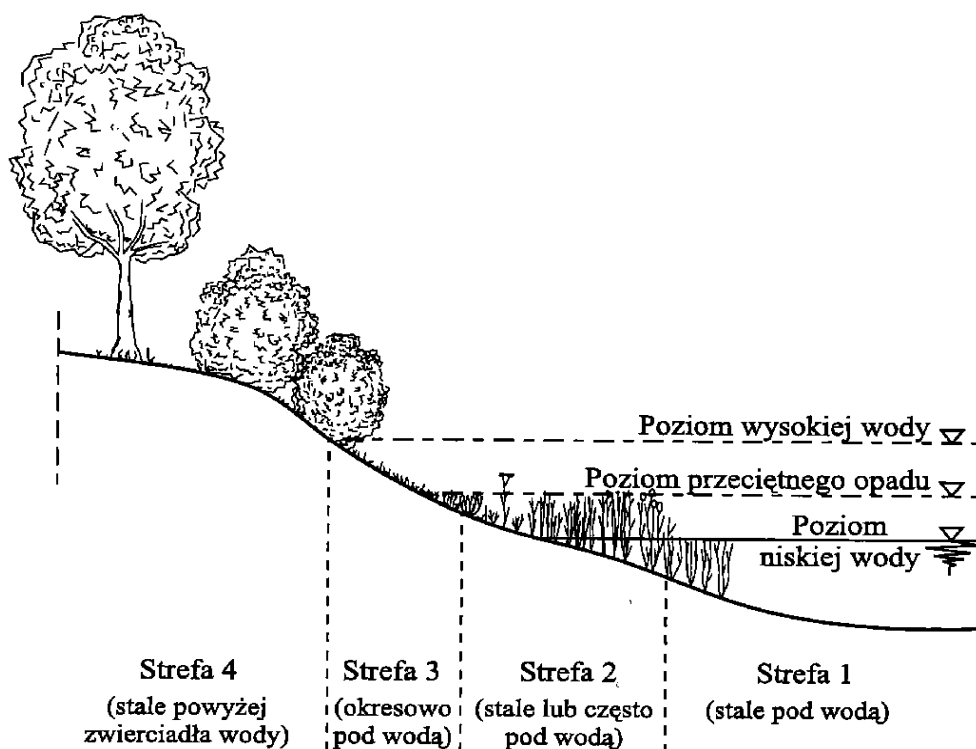
(6) Strefy bytowania roślinności w powiązaniu z urządzeniami infiltracji rozproszonej i zbiornikami infiltracyjnymi przyjmuje się zgodnie z rys. 11.1.2.



Rys. 11.1.2. Strefy bytowania roślinności w powiązaniu z urządzeniami infiltracji rozproszonej i zbiornikami infiltracyjnymi

(7) Wyróżnia się cztery strefy bytowania roślinności w powiązaniu ze zbiornikami retencyjnymi (rys. 11.1.3):

- strefa 1 – stale pod wodą, w której występują rośliny całkowicie zanurzone w wodzie lub o liściach pływających,
- strefa 2 – stale lub często pod wodą, w której występują rośliny częściowo wynurzone z wody,
- strefa 3 – okresowo pod wodą, w której występują rośliny znoszące okresowe zalewanie wodą,
- strefa 4 – stale powyżej zwierciadła wody, w której występują rośliny siedlisk świeżych i wilgotnych.



Rys. 11.1.3. Podział strefy brzegowej z uwagi na dobór gatunków roślinności [22]

11.2. Gatunki roślinności zalecanej do stosowania

(1) Gatunki roślinności do stosowania w systemach odwodnienia dobiera specjalista z zakresu projektowania zieleni i krajobrazu.

(2) Gatunki traw, bylin, krzewów, drzew i roślin rodzimych zalecane do wykorzystania w typowych urządzeniach rozproszonej infiltracji i bioretencji przedstawia tab. 11.2.1.

Tab. 11.2.1. Gatunki traw, bylin, krzewów, drzew i roślin rodzimych zalecane do wykorzystania w typowych urządzeniach infiltracji rozproszonej i bioretencji [22]

Nazwa polska	Nazwa łacińska	Strefa (oznaczenia zgodne z rys. 11.1.2)
Byliny		
Dąbrówka rozłogowa	<i>Ajuga reptans</i>	S
Dzwonek okrągłolistny	<i>Campanula rotundifolia</i>	B, S
Jastruń właściwy	<i>Leucanthemum vulgare</i>	B, S
Knieć błotna	<i>Caltha palustris</i>	S, G
Kosaciec syberyjski	<i>Iris sibirica</i>	S
Kosaciec żółty	<i>Iris pseudacorus</i>	S, G
Krwawnica pospolita	<i>Lythrum salicaria</i>	S, G
Krwawnik pospolity	<i>Achillea millefolium</i>	B
Pełnik europejski	<i>Trollius europaeus</i>	S
Sadziec konopiasty	<i>Eupatorium cannabinum</i>	S
Smotrawa okazała	<i>Telekia speciosa</i>	S
Tatarak zwyczajny	<i>Acorus calamus</i>	G
Tojeść kropkowana	<i>Lysimachia punctata</i>	S
Tojeść rozestana	<i>Lysimachia nummularia</i>	S, G
Wiązówka błotna	<i>Filipendula ulmaria</i>	S, G
Trawy, turzyce, sity		
Pałka szerokolistna	<i>Typha latifolia</i>	G
Pałka wąskolistna	<i>Typha angustifolia</i>	G
Sit rozpięzchły	<i>Juncus effusus</i>	S, G
Turzyca nitkowata	<i>Carex lasiocarpa</i>	G
Turzyca sztywna	<i>Carex stricta</i>	G
Turzyca zwisła	<i>Carex pendula</i>	S, G
Paprocie		
Długosz królewski	<i>Osmunda regalis</i>	S, G
Narecznica samcza	<i>Dryopteris filix-mas</i>	S
Narecznica szerokolistna	<i>Dryopteris dilatata</i>	S
Pióropusznik strusi	<i>Matteuccia struthiopteris</i>	S
Wietlica samicza	<i>Athyrium filix-femina</i>	S
Krzewy		
Bez czarny	<i>Sambucus nigra</i>	B
Kalina koralowa	<i>Viburnum opulus</i>	B
Porzeczka krwista	<i>Ribes sanguineum</i>	B
Rokitnik pospolity	<i>Hippophae rhamnoides</i>	B
Drzewa		
Olsza szara	<i>Alnus incana</i>	B
Wierzba	<i>Salix sp.</i>	B

B – strefa brzegowa, S – strefa środkowa, G – strefa głęboka

(3) Gatunki roślinności rodzimej zalecane do wykorzystania w strefach zbiorników wodnych przedstawia tab. 11.2.2.

Tab. 11.2.2. Gatunki roślinności rodzimej zalecane do wykorzystania w strefach zbiorników wodnych [25]

Nazwa polska	Nazwa łacińska	Strefa (oznaczenie zgodne z rys. 11.1.3)
Grzęzel żółty	<i>Nuphar luteum</i>	1
Grzebieńczyk wodny	<i>Nymphoides peltata</i>	1
Jaskier skąpoprzęcikowy	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	1
Jaskier wodny	<i>Ranunculus aquaticus</i>	1
Lilie wodne	<i>Nymphaea alba</i>	1
Przetacznik bobowniczek	<i>Veronica anagalis-aquatica</i> f. <i>submersa</i>	1
Przetacznik bobownik forma wodna	<i>Veronica beccabunga</i>	1
Rdest ziemnowodny	<i>Polygonum amphibium</i>	1
Rdestnica kędzierzawa	<i>Potamogeton crispus</i>	1
Rdestnica pływająca	<i>Potamogeton natanscrispus</i>	1
Rzęśl hakowata	<i>Callitriche hamulata</i>	1
Czyściec błotny	<i>Stachys palustris</i>	2
Jeżogłówka gałęzista	<i>Sparganium erectum</i>	2
Jeżogłówka pojedyncza	<i>Sparganium emersum</i>	2
Kosaciec żółty	<i>Iris pseudacorus</i>	2
Mozga trzcinowata	<i>Phalaris arundinacea</i>	2
Pałka szerokolistna	<i>Typha latifolia</i>	2
Pałka wąskolistna	<i>Typha angustifolia</i>	2
Ponikło błotne	<i>Eleocharis palustris</i>	2
Przetacznik bagienny	<i>Veronica scutellata</i>	2
Przetacznik widny	<i>Veronica catenata</i>	2
Roświta, łączeń baldaszkowy	<i>Butomus umbellatus</i>	2
Rzepicha ziemnowodna	<i>Rorippa amphibia</i>	2
Sit rozpięzchły	<i>Juncus effusus</i>	2
Sit siny	<i>Juncus infexus</i>	2
Sitowie jeziorne	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	2
Skrzyp bagienny	<i>Equisetum fluviatile</i>	2
Strzałka wodna	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	2
Szczaw lancetowaty	<i>Rumex hydrolapatum</i>	2
Tatarak zwyczajny	<i>Acorus calamus</i>	2
Trzcina pospolita	<i>Phragmites australis</i>	2
Turzyca błotna	<i>Carex acutiformis</i>	2
Turzyca dzióbkowata	<i>Carex riparia</i>	2
Turzyca pospolita	<i>Scutellaria galericulata</i>	2
Turzyca sztywna	<i>Carex elata</i>	2
Żabinec, babka wodna	<i>Alisma plantago</i>	2
Dereń świdwa	<i>Cornus sanguinea</i>	3
Gwiazdnica gajowa	<i>Stellaria nemorum</i>	3
Knieć błotna, kaczeniec	<i>Caltha palustris</i>	3

Nazwa polska	Nazwa łacińska	Strefa (oznaczenie zgodne z rys. 11.1.3)
Krwawica pospolita	<i>Lythrum salicaria</i>	3
Lepiężnik różowy	<i>Petasites hybridus</i>	3
Niezapominajka błotna	<i>Myosotis palustris</i>	3
Olsza czarna	<i>Alnus glutinosa</i>	3
Podagrycznik pospolity	<i>Aegopodium podagraria</i>	3
Porzeczka czarna	<i>Ribes nigrum</i>	3
Tojeść rozestłana, pieniążnik	<i>Lisimachia nummularia</i>	3
Tojeść zwyczajna	<i>Lisimachia vulgaris</i>	3
Wierzba biała	<i>Salix alba</i>	3
Wierzba purpurowa	<i>Salix purpurea</i>	3
Wierzba uszata	<i>Salix aurita</i>	3
Wierzba witwa	<i>Salix viminalis</i>	3
Żywokost zwyczajny	<i>Symphytum officinale</i>	3
Czarny (dziki) bez	<i>Sambucus nigra</i>	4
Czeremcha zwyczajna	<i>Prunus padus</i>	4
Dąb szypułkowy	<i>Quercus robur</i>	4
Jesion wyniosły	<i>Fraxinus excelsior</i>	4
Klon zwyczajny	<i>Acer platanoides</i>	4
Kruszyna pospolita	<i>Rhamnus Frangula</i>	4
Leszczyna	<i>Corylus avellana</i>	4
Wiąz polny (pospolity)	<i>Ulmus carpinifolia</i>	4
Wierzba iwa	<i>Salix viminalis</i>	4

12. Kontrola oraz utrzymanie systemów i urządzeń do odwodnienia

12.1. Wymagania ogólne

(1) Utrzymanie sprawności funkcjonowania odwodnienia dróg wymaga regularnych kontroli stanu urządzeń do odwodnienia powierzchniowego i wglębnego, których częstość i zakres zależą od ich rodzaju i lokalizacji, a także od potencjalnej skali szkód powodowanych ich niesprawnością.

(2) Kontrola stanu systemu odwodnienia sprowadza się do określania przyczyn złego funkcjonowania systemu oraz przedstawienia zaleceń przywracających funkcjonalność i sprawność systemu. W zaleceniach przedstawia się zakres prac zapewniających wymagane odwodnienie dróg, a jeżeli jest to konieczne, podaje się także potrzeby w zakresie przeprowadzenia dodatkowych badań na poziomie eksperckim.

(3) Kontrolę prowadzi się odcinkami wybieranymi według kryteriów jednorodności urządzeń lub charakterystyk zlewni. Długość odcinka drogi do kontroli dobiera się przez prowadzącego kontrolę, indywidualnie w odniesieniu do każdej drogi. Wady systemu odwodnienia, które mają charakter lokalny, wydziela się i w odniesieniu do nich przeprowadza się ocenę indywidualną.

(4) Zaleca się wykonywanie dodatkowych, lokalnych kontroli odcinków dróg po dużych nawałnicach i ulewach, w miejscach ze stwierdzonym występowaniem problemów z odprowadzeniem wody i lokalnych podtopień.

(5) W trakcie kontroli zwraca się szczególną uwagę na przyczyny złego funkcjonowania systemu odwodnienia części dróg, uwzględniając powiązanie ich odwodnienia ze sprawnością funkcjonowania odbiorników wody.

(6) Zaleca się koordynację kontroli odwodnienia z innymi regularnymi kontrolami dróg.

(7) Wyniki kontroli odwodnienia dokumentuje się w formie raportów. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń i złego funkcjonowania odwodnienia, w raporcie zawiera się także zalecenia dotyczące zakresu niezbędnych prac w celu usunięcia stwierdzonych uszkodzeń lub przywrócenia sprawności funkcjonowania odwodnienia.

(8) W przypadku kontroli rozległej infrastruktury drogowej zaleca się archiwizację wyników kontroli, w tym raportów, w formacie cyfrowym w systemie GIS.

12.2. Częstość i zakres kontroli odwodnienia powierzchniowego

(1) Częstość i zakres kontroli odwodnienia są determinowane następującymi uwarunkowaniami:

- a) potencjalne zagrożenia i straty wynikające z niesprawności urządzeń do odwodnienia,
- b) wymagania ochrony gruntów, wód powierzchniowych i wód podziemnych, w tym np. w wyznaczonych strefach ochronnych,
- c) wymagania użytkowe określone dla poszczególnych części dróg,
- d) dodatkowe wymagania określone przez dostawców niektórych urządzeń do odwodnienia, wynikające z zapewnienia sprawności tych urządzeń, np. separatory zanieczyszczeń, przepompownie.

(2) Najczęściej występujące problemy funkcjonowania poszczególnych elementów odwodnienia powierzchniowego, wymagające szczególnej uwagi w czasie ich kontroli, przedstawia tab. 12.2.1.

Tab. 12.2.1. Najczęściej występujące problemy funkcjonowania poszczególnych elementów odwodnienia powierzchniowego

Element odwodnienia powierzchniowego	Najczęściej występujące problemy
Odwodnienie jezdni	<ul style="list-style-type: none"> • niesprawności i nierównomierność odprowadzania wody w obrębie ramp drogowych • utrudnienia odprowadzenia wody z uwagi na deformacje nawierzchni • bezodpływowe powierzchnie z powodu braku odprowadzenia wód w najniższym miejscu odwadnianej powierzchni
Odwodnienie poboczy	<ul style="list-style-type: none"> • wyniesienie poboczy ponad powierzchnię drogi • zarośnięcie poboczy • uszkodzenia erozyjne • deformacje powierzchni
Rowy	<ul style="list-style-type: none"> • ograniczona przepustowość wynikająca z przerostu roślinności • zamulenia • zanieczyszczenia odpadami roślinnymi lub komunalnymi • niekiedy występujące erozyjne uszkodzenia skarp lub zasypane odcinki rowu
Ścieki przykrawężnikowe i inne otwarte	<ul style="list-style-type: none"> • zamulenie (zwłaszcza po zimie) • uszkodzenia konstrukcji i deformacje powodowane przez ciężkie pojazdy
Ścieki zamknięte	<ul style="list-style-type: none"> • ograniczenie drożności przez zanieczyszczenia, np. zamulenie
Przepusty	<ul style="list-style-type: none"> • zamulenie • uszkodzenia wlotów i rowów doprowadzających wodę • zablokowanie wlotu przez grube zanieczyszczenia
Wpusty	<ul style="list-style-type: none"> • ograniczenia przepustowości zalegające zanieczyszczenia • wystawianie ponad powierzchnię nawierzchni lub ścieku • błędy lokalizacji polegające na braku wpustu w najniższym miejscu odwadnianej powierzchni
Odbiorniki otwarte wody	<ul style="list-style-type: none"> • zamulenie i inne zanieczyszczenia doprowadzane przez urządzenia, z których jest odbierana woda

(3) Jeżeli nie zostały określone dodatkowe wymagania w decyzjach środowiskowych lub przez producentów urządzeń do odwodnienia, to zaleca się prowadzić ich kontrole z częstotliwością i o zakresie podanym w tab. 12.2.2.

Tab. 12.2.2. Zalecenia częstotliwości i zakresu kontroli urządzeń do odwodnienia powierzchniowego dróg

Element drogi	Sposób kontroli	Częstość kontroli	Elementy podlegające sprawdzeniu i możliwe zalecenia naprawcze
Jezdnia	Wizualna	Raz w roku (szczegółowa ocena ramp w pierwszym roku eksploatacji), w powiązaniu z przeglądem drogi	<ul style="list-style-type: none"> • wysokościowe ukształtowanie w rejonie ramp drogowych w aspekcie sprawności spływu wody (ocena w czasie opadów deszczu), w przypadku stwierdzenia utrudnień spływu wody stosuje się rozwiązania podane w podrozdziale 12.6 • spływy wody w obszarze skrzyżowania • nierówności nawierzchni utrudniające spływ wody, w przypadku występowania takich nierówności usuwa się je
Pobocza	Wizualna	Dwa razy w roku (w tym sprawdzenie bezpośrednio po nawałnym deszczu)	<ul style="list-style-type: none"> • możliwe utrudnienia spływu wody wynikające z wysokości pobocza względem krawędzi jezdni i jego pochylenia • równość pobocza, ślady erozji poboczy gruntowych • w przypadku stwierdzenia degradacji pobocza lub nieprawidłowych spadków należy wyprofilować poboczne zgodnie z ogólnymi wymaganiami (pochylenie 6-8%) lub według projektu

Element drogi	Sposób kontroli	Częstość kontroli	Elementy podlegające sprawdzeniu i możliwe zalecenia naprawcze
Muldy i rowy	Wizualna, w razie konieczności uzupełniona kontrolnymi pomiarami wysokościowymi	Dwa razy w roku – wiosną i jesienią w ramach przeglądu drogi	<ul style="list-style-type: none"> spadki podłużne i ocena spływu wody, w przypadku wątpliwości pomiar spadku głębokość muldy/rowu stan skarp, w przypadku ich rozmycia usuwa się ubytki lub odnowią się skarpy stopień zarośnięcia; jeżeli stan roślinności zagraża trwałości skarp lub powoduje zmniejszenie przepustowości muldy/rowu, taką roślinność usuwa się stopień zamulenia; jeżeli grubość warstwy namułu przekracza 3 cm, wykonuje się oczyszczanie dna muldy/rowu w przypadku muld i rowów z uszczelnionym dnem kontrola obejmuje stan także uszczelnień
Muldy i rowy infiltracyjne	Wizualna, w razie konieczności uzupełniona pomiarami wysokościowymi	Cztery razy w roku (zaleca się uwzględnić okresy: po zimie, lato, po intensywnych opadach)	<ul style="list-style-type: none"> zakres kontroli taki sam, jak w przypadku muld i rowów, lecz z dodatkowym sprawdzeniem powierzchniowego zanieczyszczenia warstwy filtracyjnej, które może zmniejszać zdolność infiltracji (obserwowane długotrwałe zaleganie wody), w razie stwierdzenia znacznego zanieczyszczenia wykonuje się szczegółowe badania potwierdzające ewentualną potrzebę wymiany warstwy filtracyjnej zaleca się co najmniej raz w roku koszenie traw i innych roślin w części infiltracyjnej muldy lub rowu
Palisady z narzutem kamiennym	Wizualna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> sprawdzenie ilości naniesionego osadu, w razie potrzeby usunięcie stan słupków palisady, w razie uszkodzeń wymiana stan narzutu kamiennego, w miarę potrzeb uzupełnienie
Ścieki przykrawężnikowe	Wizualna	Dwa razy w roku i po nawalnym deszczu, jeżeli doświadczenie zarządcy wskazuje, że dochodzi często do zamulania ścieków	<ul style="list-style-type: none"> stan połączenia z nawierzchnią, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń wykonuje się naprawę równość i ewentualne uszkodzenia konstrukcji ścieku powodowane np. przez przeciążone pojazdy, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń wykonuje się naprawę stan połączenia z wpustami deszczowymi, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń lub niezgodności z projektem wykonuje się naprawę stopień zamulenia, w przypadku stwierdzenia utrudnienia spływu wody i gdy grubość warstwy namułu przekracza 1 cm wykonuje się czyszczenie ścieku
Ścieki otwarte inne niż przykrawężnikowe	Wizualna	Dwa razy w roku i po nawalnym deszczu, jeżeli doświadczenie zarządcy wskazuje, że dochodzi często do zamulania ścieków	<ul style="list-style-type: none"> stan połączenia z przylegającymi powierzchniami, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń wykonuje się naprawę stan połączenia z wpustami deszczowymi, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń wykonuje się naprawę równość i ewentualne uszkodzenia konstrukcji ścieku powodowane np. przez przeciążone pojazdy, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń wykonuje się naprawę stopień zamulenia, w przypadku stwierdzenia utrudnienia spływu wody wykonuje się czyszczenie ścieku

Element drogi	Sposób kontroli	Częstość kontroli	Elementy podlegające sprawdzeniu i możliwe zalecenia naprawcze
Ścieki zamknięte	Wizualna	Dwa razy w roku (w przypadku odnotowania lokalnych zastoisk wodnych po nawałnym deszczu dodatkowa kontrola)	<ul style="list-style-type: none"> położenie względem nawierzchni, w przypadku stwierdzenia nieprawidłowego położenia wykonuje się korektę położenia ścieków stopień zanieczyszczenia resztkami organicznymi oraz zamulenia, w przypadku stwierdzenia utrudnienia spływu wody wykonuje się czyszczenie ścieku
Studzienki wpustowe	Wizualna	Dwa razy w roku (w przypadku odnotowania lokalnych podtopień po nawałnym deszczu konieczna jest dodatkowa kontrola)	<ul style="list-style-type: none"> położenie względem nawierzchni, w przypadku stwierdzenia nieprawidłowego położenia wykonuje się korektę położenia wpustu zanieczyszczenie krat i stopień zamulenia osadnika, w przypadku stwierdzenia utrudnienia spływu wody wykonuje się czyszczenie wpustu (kraty), kosza lub wiaderka na grube zanieczyszczenia, opróżnienie osadnika, oczyszczenie odpływu ze studzienki i przykanalika
Urządzenia infiltracyjne rozproszone	Wizualna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> drożność dopływu, w przypadku stwierdzenia zanieczyszczeń wykonuje się czyszczenie powierzchniowe i wgłębne zanieczyszczenie warstwy filtracyjnej, w razie stwierdzenia znacznego zanieczyszczenia usuwa się warstwę namułu i w razie potrzeby wymienia się część lub wszystkie warstwy filtracyjne możliwe dodatkowe czynności kontrolne zalecane przez dostawców urządzeń infiltracji rozproszonej
Zbiorniki otwarte: osadniki, zbiorniki retencyjne	Wizualna i techniczna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> drożność dopływu, odpływu i przelewu, w przypadku stwierdzenia zanieczyszczeń ograniczających drożność wykonuje się czyszczenie ogólny stan techniczny budowli, w tym sprawność elementów technicznego wyposażenia (zasady, zastawki itp.) przy zbiornikach gruntowych stan zarostu roślinnością i ocena stopnia erozji skarp, zaleca się usunięcie roślinności, jeżeli zagraża konstrukcji zbiornika lub nadmiernie zmniejsza jego pojemność (zarastanie zbiornika)
	Techniczna	Raz w roku	<ul style="list-style-type: none"> pomiar grubości warstwy osadów, jeżeli grubość osadu przekracza 20 cm lub z innych powodów zagraża sprawności funkcjonowania zbiornika, wykonuje się czyszczenie
	Wizualna	Nie rzadziej niż co 15 lat okresowe całkowite czyszczenie zbiornika	<ul style="list-style-type: none"> ocena stanu technicznego ścian i dna zbiornika betonowego, kontrola zarysowań i pęknięć, w przypadku występowania uszkodzeń usuwa się je ocena skarp i dna zbiornika gruntowego, w przypadku występowania uszkodzeń usuwa się je

Element drogi	Sposób kontroli	Częstość kontroli	Elementy podlegające sprawdzeniu i możliwe zalecenia naprawcze
Zbiorniki otwarte: infiltracyjne, retencyjno-infiltracyjne	Wizualna	Dwa razy w roku (zaleca się uwzględnić okres po intensywnych opadach)	<ul style="list-style-type: none"> drożność dopływu, odpływu i przelewu, w przypadku stwierdzenia zanieczyszczeń ograniczających drożność wykonuje się czyszczenie powierzchniowe zanieczyszczenie warstwy filtracyjnej, które może zmniejszać zdolność infiltracji (długotrwałe zaleganie wody), w razie stwierdzenia znacznego zanieczyszczenia wykonuje się szczegółowe badania potwierdzające ewentualną potrzebę wymiany warstwy filtracyjnej ogólny stan techniczny budowli, w tym sprawność elementów technicznego wyposażenia (zasuwy, zastawki itp.) przy zbiornikach gruntowych stan zarastania roślinnością i ocena stopnia erozji skarp, zaleca się usunięcie roślinności, jeżeli zagraża konstrukcji zbiornika (nie dotyczy przypadków, gdy roślinność jest celowo wprowadzana dla poprawy zdolności infiltracji i oczyszczania wody) zaleca się co najmniej raz w roku koszenie traw i innych roślin w części infiltracyjnej zbiornika
Zbiorniki zamknięte retencyjne	Wizualna i techniczna	Raz w roku	<ul style="list-style-type: none"> drożność dopływu, odpływu i przelewu, w przypadku stwierdzenia zanieczyszczeń ograniczających drożność wykonuje się czyszczenie pomiar grubości warstwy osadów, jeżeli grubość osadu przekracza 20 cm lub z innych powodów zagraża sprawności funkcjonowania zbiornika, wykonuje się czyszczenie
	Wizualna	Co 5 lat	<ul style="list-style-type: none"> ocena stanu technicznego konstrukcji
Przepusty	Wizualna	Dwa razy w roku (w przypadku odnotowania lokalnych podtopień po nawalnym deszczu konieczna jest dodatkowa kontrola)	<ul style="list-style-type: none"> położenie wlotów i wylotów przepustów względem dna rowu stopień zamulenia, w przypadku stwierdzenia utrudnienia spływu wykonuje się czyszczenie uszkodzenia elementów przepustów (w formie opisowej)
Piaskowniki poziome	Wizualna	Cztery razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> ocena zamulenia niecki, w razie potrzeby czyszczenie osadnika z nagromadzonych zanieczyszczeń
Rowy kryte	Wizualna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> stopień zamulenia, w przypadku stwierdzenia utrudnienia spływu wykonuje się czyszczenie uszkodzenia elementów przepustów (w formie opisowej)

(4) Zaleca się, aby kontrolę skuteczności odwodnienia jezdni, poboczy i innych części drogi przeznaczonych do ruchu wykonywać bezpośrednio po deszczu lub w czasie opadu deszczu.

(5) Elementem kontroli powinna być także ocena ewentualnych ogólnych warunków dopływu wód do urządzeń odwodnienia powierzchniowego drogi i możliwości odprowadzenia wód z tych urządzeń, które mogą wpływać na sprawność funkcjonowania odwodnienia drogi.

(6) W przypadku urządzeń krytycznych dla funkcjonowania odwodnienia powierzchniowego dróg, takich jak zbiorniki retencyjne, infiltracyjne lub retencyjno-infiltracyjne, zaleca się ich wyposażenie w systemy ciągłego monitoringu napełnienia, celem zdalnej kontroli prawidłowości ich funkcjonowania.

12.3. Częstość i zakres kontroli kanalizacji deszczowej

(1) Częstość i zakres kontroli kanałów w kanalizacji deszczowej określa jej zarządca, który również wykonuje przeglądy i naprawy eksploatacyjne.

(2) Jeżeli kanalizacja deszczowa jest eksploatowana przez zarządcę drogi i nie są dla niej określone dodatkowe wymagania, to zaleca się prowadzić kontrole kanałów z częstością i o zakresie podanym w tab. 12.3.1.

(3) Kanały kanalizacji deszczowej usytuowane w strefach ochrony wód kontroluje się z uwagi na ich szczelność zgodnie z warunkami określonymi w pozwoleniu wodno-prawnym.

Tab. 12.3.1. Zalecenia częstości i zakresu kontroli kanalizacji deszczowej

Element kanalizacji	Sposób kontroli	Częstość kontroli	Elementy podlegające sprawdzeniu i możliwe zalecenia naprawcze
Studzienki połączeniowe i przelotowe (kontrolne)	Wizualna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> kontrola stanu technicznego pokryw i włączów, w przypadku stwierdzenia uszkodzeń wykonuje się ich wymianę sprawdzenie drożności otworów wlotowych, w razie potrzeby wykonuje się czyszczenie sprawdzenie poziomu osadu w osadnikach studzienek, w razie potrzeby usuwa się je
Studzienki wpustowe, przykanaliki	Wizualna	Cztery razy w pierwszym roku eksploatacji, a w kolejnych latach w zależności od potrzeb	<ul style="list-style-type: none"> sprawdzenie poziomu osadu w osadnikach studzienek, w razie potrzeby usuwa się je, wykonuje się czyszczenie odpływu ze studzienki i przykanalika
Kanały	Wizualna	Co 10 lat	<ul style="list-style-type: none"> kontrola stopnia zanieczyszczenia, w razie potrzeby wykonuje się czyszczenie
		Doraźnie w przypadku stwierdzonych uszkodzeń, np. osiadania studni rewizyjnych lub wpustowych	<ul style="list-style-type: none"> kontrola stanu technicznego konstrukcji kanalizacji (z wykorzystaniem specjalistycznych technik wizyjnych)
Osadniki, studnie wirowe	Wizualna	Cztery razy w pierwszym roku eksploatacji (zaleca się uwzględniać okresy: po zimie, lato, po intensywnych opadach), później zależnie od potrzeb, ale nie rzadziej niż dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> ocena zamulenia studni, w razie potrzeby wykonuje się czyszczenie osadnika
Separatory	Wizualna	Dwa razy w roku (zaleca się uwzględniać okresy: po zimie, lato, po intensywnych opadach oraz po każdej awarii). W przypadku separatorów wyposażonych w system automatycznej sygnalizacji, obowiązkowa kontrola po zgłoszeniu z urzędnika do systemu nadzoru	<ul style="list-style-type: none"> kontrola komór, w miarę potrzeby wymiana paneli z sorbentami, odpompowanie wydzielonych substancji ropopochodnych
Przepompownie na sieci kanalizacji deszczowej	Techniczna	Raz w roku lub po sygnale z urządzenia monitorującego	<ul style="list-style-type: none"> sprawdzenie sprawności technicznej urządzenia wraz z systemami zasilania

12.4. Częstość i zakres kontroli urządzeń do odwodnienia w głębnego

(1) Urządzenia do odwodnienia w głębnego (drenaż głębokim i płytkim), ze względu na sposób ich zabudowy i brak bezpośredniego dostępu do ich konstrukcji, kontroluje się wizualnie tylko w miejscach ich wylotów do odbiorników wody oraz w obrębie studni kanalizacyjnych lub kontrolnych.

(2) Poszerzona kontrola stanu drenażu na odcinkach pomiędzy studniami kontrolnymi wymaga zastosowania specjalistycznych technik i jest niezbędna w przypadkach stwierdzonego obniżenia sprawności funkcjonowania drenażu, objawiającej się np. uszkodzeniami drogowych budowli ziemnych i nawierzchni.

(3) Zaleca się prowadzić kontrole urządzeń do odwodnienia w głębnego z częstością i o zakresie podanym w tab. 12.4.1.

Tab. 12.4.1. Zalecenia częstości i zakresu kontroli urządzeń w głębnego odwodnienia dróg

Rodzaj drenażu	Sposób kontroli	Częstość kontroli	Zakres kontroli i możliwe zalecenia naprawcze
Głębokim	Wizualna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> drożność wylotów drenażu sprawdzana przez stwierdzenie odpływu wody, w przypadku braku drożności wykonuje się czyszczenie wylotów drenażu kontrola studzienek kanalizacyjnych i kontrolnych związanych z drenażem głębokim, sprawdzenie ich zanieczyszczenia osadami ograniczającymi sprawność odprowadzania wody, w razie potrzeby przeprowadza się ciśnieniowe czyszczenie studzienek i rurociągów
	Techniczna z wykorzystaniem m. in. georadaru, technologii GPS zalecanej szczególnie do pomiarów w obszarze terenów górniczych, fotogrametrii	W przypadkach obniżonej sprawności i uszkodzeń budowli drogowej	<ul style="list-style-type: none"> ocena drożności i szczelności drenów podłużnych ocena skuteczności odprowadzenia wody z warstw filtracyjnych przez sączki poprzeczne do rowów przydrożnych ocena skuteczności odprowadzenia wody z warstw filtracyjnych nawierzchni do systemu drenów podłużnych porównanie projektowanych pochyleń poszczególnych liniowych elementów odwodnienia w głębnego z pomierzonymi
Płytkim	Wizualna	Dwa razy w roku	<ul style="list-style-type: none"> drożność wylotów drenażu sprawdzana przez stwierdzenie odpływu wody, w przypadku braku drożności wykonuje się czyszczenie wylotów drenażu
	Techniczna z wykorzystaniem m. in. georadaru, technologii GPS zalecanej szczególnie do pomiarów w obszarze terenów górniczych, fotogrametrii	W przypadkach obniżonej sprawności i uszkodzeń budowli drogowej	<ul style="list-style-type: none"> ocena drożności i szczelności drenów podłużnych ocena skuteczności odprowadzenia wody z warstw filtracyjnych nawierzchni do systemu drenów podłużnych porównanie projektowanych pochyleń poszczególnych liniowych elementów odwodnienia w głębnego z pomierzonymi

12.5. Dokumentowanie prac kontrolnych

(1) Prowadzone kontrole urządzeń do odwodnienia i wynikające z nich zalecenia dokumentuje się w formie raportu z wykonanych czynności kontrolnych lub wpisów do książek eksploatacyjnych zgodnie z wymaganiami podanymi w rozporządzeniu [3].

(2) Raport powinien zawierać co najmniej następujące dane:

- a) informacje lokalizacyjne o kontrolowanym odcinku drogi z zaleceniem uzupełnienia o plan orientacyjny, pokazujący odcinek drogi i zagospodarowanie jego otoczenia,
- b) informacje o rodzaju kontrolowanych urządzeń do odwodnienia,
- c) informacja o dokumentacji projektowej lub innych dokumentach określających szczegółowe wymagania i warunki eksploatacji kontrolowanych urządzeń do odwodnienia,
- d) opis zakresu przeprowadzonych czynności kontrolnych, odpowiadający czynnościom zalecanym w odniesieniu do poszczególnych rodzajów urządzeń do odwodnienia, wraz ze stwierdzeniem poprawności ich funkcjonowania lub występowania zakłóceń sprawnego funkcjonowania kontrolowanych urządzeń oraz ich ewentualnych uszkodzeń,
- e) zalecenia wskazujące na wykonanie niezbędnych działań w celu przywrócenia prawidłowego funkcjonowania odwodnienia, jeżeli stwierdzono niesprawności i uszkodzenia urządzeń do odwodnienia,
- f) ocenę stanu technicznego urządzeń do odwodnienia, jeżeli taka była wymagana,
- g) dane osoby przeprowadzającej kontrolę i datę jej wykonania oraz potwierdzenie przeprowadzonej kontroli zgodnie z obowiązującymi procedurami zarządcy drogi.

(3) W organizacji kontroli odwodnienia zaleca się wykorzystywać przykładowy formularz dokumentujący przeprowadzenie kontroli przedstawiony w załączniku nr 1 oraz zestaw pytań kontrolnych zamieszczonych w załączniku nr 2.

12.6. Usprawnienie spływu wody opadowej na rampach drogowych istniejących dróg

(1) Usprawnienie spływu wody opadowej na rampach drogowych istniejących dróg stanowi zwykle realizację zaleceń zawartych w analizach BRD. Dokumentacja umożliwiająca oszacowanie zakresu robót usprawniających spływ wody opadowej na rampie drogowej powinna obejmować:

- a) inwentaryzację stanu istniejącego,
- b) wykonanie pomiarów sytuacyjno-wysokościowych powierzchni nawierzchni z tym większą dokładnością i szczegółowością, im mniejsze są pochylenia podłużne i poprzeczne nawierzchni; zaleca się wykonanie pomiarów geodezyjnych metodami skaningu laserowego 3D (stacjonarnego lub mobilnego) ze względu na ich wysoką dokładność oraz całkowity brak utrudnień w ruchu na drodze podczas pomiarów,
- c) utworzenie numerycznego modelu istniejącej jezdni, pasa awaryjnego lub opaski zewnętrznej, opaski wewnętrznej, a także poboczy lub części poboczy o nawierzchni gruntowej, np. w postaci siatki trójkątów o wymiarach boków dostosowanych do wymaganej dokładności,
- d) wygenerowanie wektorów pochyleń ukośnych (kierunków i wartości) na bazie numerycznego modelu powierzchni jak w lit. c,
- e) wygenerowanie linii spływu wody opadowej; linie te można poprowadzić z każdego punktu lub do każdego punktu nawierzchni; punktami, z których oraz do których wyznacza się linie spływu wody opadowej, są punkty leżące na krawędziach nawierzchni, na liniach wododziałowych oraz punkty o najmniejszych wysokościach; linie te zaleca się umieścić na planie linii spływu wody opadowej (rys. 12.6.1a).

(2) Analiza układu wektorów pochyleń ukośnych i przebiegu linii spływu wody opadowej pozwala ocenić warunki odwodnienia:

- a) linie spływu biegnące w równych odstępach oznaczają, że cała powierzchnia jest równomiernie odwadniana,
- b) na podstawie długości linii spływu i pochyłeń podłużnych wzdłuż linii spływu można oszacować stopień zagrożenia aquaplaningiem oraz wskazać konieczność zastosowania specjalistycznych urządzeń do odwodnienia powierzchniowego eliminujących to zagrożenie,
- c) linie spływu koncentrujące się i biegnące przy sobie lub łączące się oznaczają miejsce występowania strugi wody,
- d) linia/linie spływu tworzące pętle, ale wychodzące z niej, wskazują na miejsce o utrudnionym spływie (rozlewisko),
- e) linia/linie spływu tworzące pętle, ale nie wychodzące z niej, wskazują na miejsce bezodpływowe (kałuża),
- f) układ linii spływu wody może uzasadniać potrzebę wprowadzenia lokalnej linii wododziałowej lub ściekowej, co uprości i usprawni odwodnienie,
- g) na podstawie układu i przebiegu linii spływu wody można identyfikować miejsca zawracania wody przez koła pojazdów, które będą odbierane przez uczestników ruchu jako miejsca bezodpływowe,
- h) najniższe punkty łączące się i tworzące linię oznaczają potrzebę zastosowania ścieku,
- i) na podstawie przebiegu linii spływu można wyznaczyć miejsce przelewania się strugi wody przez jezdnię,
- j) profil podłużny linii spływu wody umożliwi wskazanie miejsca zmniejszania się prędkości spływu wody i potencjalnego wystąpienia rozlewiska.

(3) Uzupełnieniem oceny stanu jest analiza zdjęć jezdni i innych części drogi wykonanych w trakcie lub bezpośrednio po wystąpieniu intensywnych opadów atmosferycznych.

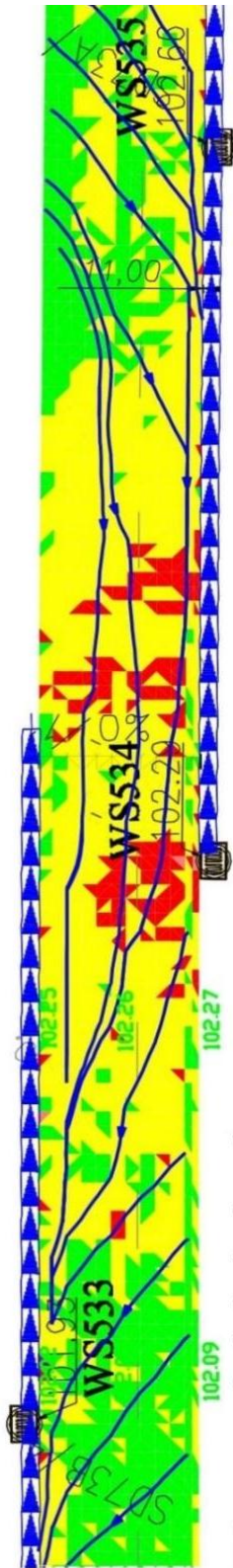
(4) Jeżeli analiza układu wektorów pochyłeń ukośnych i przebiegu linii spływu wody opadowej na rampie drogowej istniejącej drogi oraz jej ukształtowanie nie pozwalają zapewnić skutecznego odwodnienia, to poprawę spływu wody uzyskuje się przez przebudowę rampy. Możliwe jest zastosowanie następujących środków budowlanych:

- a) zwiększonego dodatkowego pochylenia podłużnego krawędzi jezdni,
- b) poprzecznych ścieków krytych,
- c) dodatkowej krawędzi ukośnej na jezdni, tzw. koperty,
- d) porowatego betonu asfaltowego jako część konstrukcji nawierzchni wchłaniającej wodę opadową,
- e) rowkowania warstwy ścieralnej nawierzchni o konstrukcji podatnej jak i sztywnej (grooving).

(5) Przebudowa rampy drogowej przez zwiększenie dodatkowego pochylenia podłużnego, nawet do wartości dopuszczalnej, spowoduje istotne skrócenie długości rampy drogowej i zmniejszenie długości linii spływu wody z jezdni. Zachowuje się przy tym pochylenie podłużne osi obrotu jezdni na rampie, a także tak dobiera się lokalizację rampy w obrębie krzywej przejściowej, aby zminimalizować zakres robót (frezowania istniejącej nawierzchni, przebudowy ścieków i studzienek ściekowych). Sprawdza się także, czy przesunięcie względem początku krzywej przejściowej nie spowoduje zagrożenia bezpieczeństwa pojazdu poruszającego się z dopuszczalną prędkością na drodze. W wyniku przebudowy powstanie klasyczna konstrukcja rampy drogowej, która może spowodować, że woda opadowa płynie od jednej krawędzi jezdni przez całą jezdnię do drugiej krawędzi, a następnie zawraca.

(6) Poprzeczne ścieki kryte wbudowuje się na rampie na drodze o dwóch jezdniach głównych, zarówno o konstrukcji podatnej jak i sztywnej. Uzyskuje się skrócenie długości linii spływu wody, a tym samym ograniczenie grubości warstwy wody opadowej na jezdni. Zakres przebudowy rampy ogranicza się wówczas do miejsc lokalizacji ścieku, gdyż zwykle na jednej rampie drogowej wystarczy jeden ściek usytuowany w przekroju o zerowym pochyleniu poprzecznym. Przy bardziej rozległym obszarze rampy drogowej z prawie zerowym pochyleniem poprzecznym (jezdni trzypasowa) oraz w sytuacjach występowania zjawiska zawracania wody opadowej przez koła poruszających się pojazdów, wskazane może być umieszczenie nawet trzech ścieków poprzecznych (przykład na rys. 12.6.1b). Konstrukcja ścieków poprzecznych powinna zapewniać równość w strefie połączenia z nawierzchnią oraz sprawność w odprowadzaniu wody w różnych warunkach, w tym szczególności w okresie zimowym.

a) plan pochyleń ukośnych i linii sływu wody opadowej na rampie istniejącej drogi



b) poprzeczne ścieki kryte na rampie drogowej



Zakres pochyleń ukośnych:

■ 0.5% - 0.7%

■ 0.7% - 1.0%

■ 1.0% - 1.5%

— linie sływu wody

▲ ściek korytkowy

Rys. 12.6.1. Przykład wyznaczonych linii sływu na rampie drogi istniejącej wraz ze ściekami zbierającymi wodę z jezdni

(7) Właściwości funkcjonalne koperty określone w podrozdziale 4.2.2 są także aktualne w przypadku przebudowy istniejącej rampy drogowej. Przy przebudowie rampy lokalizację koperty w obrębie krzywej przejściowej dobiera się w taki sposób, aby zminimalizować zakres robót (frezowania istniejącej nawierzchni, przebudowy ścieków i studzienek ściekowych). Sprawdza się przy tym, czy przesunięcie względem początku krzywej przejściowej nie spowoduje zagrożenia bezpieczeństwa pojazdu poruszającego się z dopuszczalną prędkością na drodze. Wskazane jest też zachowanie lokalizacji niwelety oraz pochylenia podłużnego osi obrotu jezdni, co ograniczy ingerencję w pas dzielący. Koperta dzięki wyraźnej ukośnej krawędzi na jezdni, stanowiącej linię wododziałową, oraz dużym pochyleniom ukośnym, jest odporna na odkształcenia wynikające z jej eksploatacji lub lokalnego osiadania podłoża.

(8) Usprawnienie spływu wody opadowej na istniejącej rampie drogowej można uzyskać przez wymianę warstwy ścieralnej lub ścieralnej i wiążącej nawierzchni bitumicznej na jedno- lub dwuwarstwowy porowaty beton asfaltowy. Zastosowanie porowatego betonu asfaltowego, jako części konstrukcji nawierzchni wchłaniającej wodę opadową, zapewnia nawierzchni dobre właściwości drenażowe oraz zmniejszające hałas dzięki dużej zawartości połączonych ze sobą wolnych przestrzeni. Nawierzchnia ta wymaga jednak większej dbałości i systematycznych prac utrzymaniowych, ponieważ zanieczyszczenia w trakcie eksploatacji drogi zamykają kanaliki drenażowe. Zaleca się okresowe oczyszczanie kanalików drenażowych, co najmniej raz w roku (najlepiej po okresie zimowym). W warunkach zimowych zaleca się prewencyjne rozsypywanie nawilżonej soli, a po opadach śniegu tylko suchej soli bez dodatku kruszywa. Zabronione jest używanie stalowych zakończeń lemieszki w pługach do odśnieżania.

(9) Rowkowanie warstwy ścieralnej nawierzchni o konstrukcji podatnej jak i górnej warstwy betonu nawierzchni sztywnej (grooving) stosuje się na istniejących rampach dróg, na których występuje zagrożenie aquaplaningiem, ale także wtedy, gdy jest wskazane zwiększenie właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni. Skuteczność rowkowania jest zależna od układu pasm rowków oraz liczby rowków w paśmie. Rowki powinny być rowkami odprowadzającymi wodę, a nie tylko retencyjnymi (rys. 12.6.2).

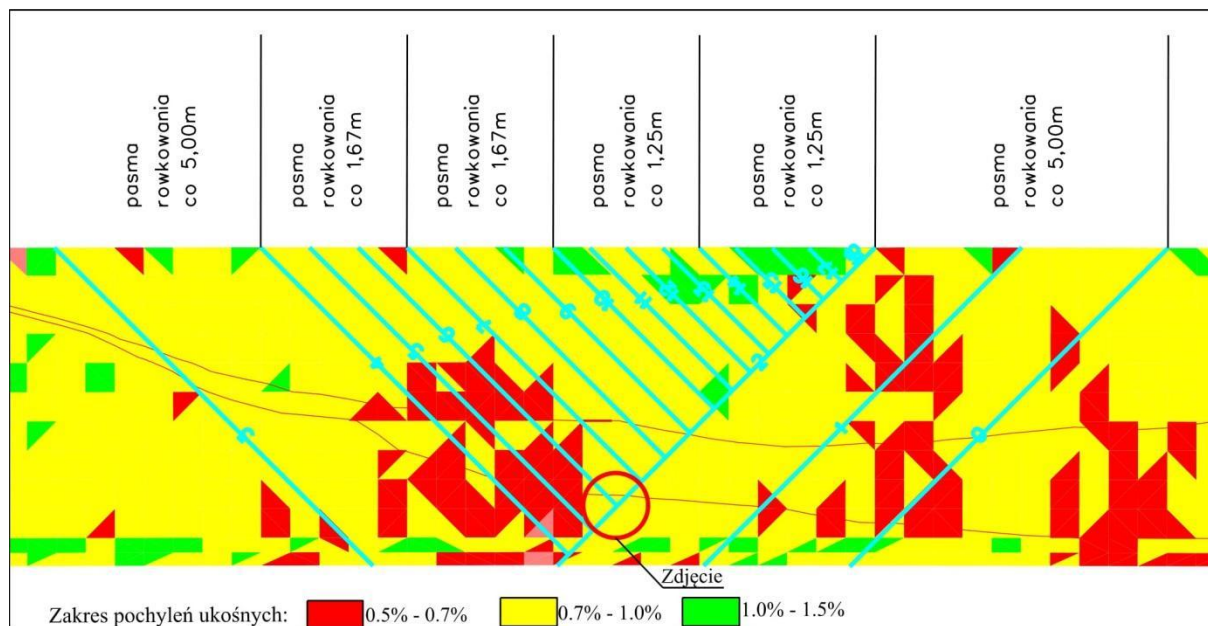
(10) Parametry systemu rowkowania warstwy ścieralnej nawierzchni drogi dobiera się w taki sposób, aby przy uwzględnieniu ukształtowania powierzchni nawierzchni, w tym pochyłeń ukośnych oraz przebiegu linii spływu, uzyskać usprawnienie spływu wody opadowej i ograniczenie zjawiska aquaplaningu. Zalecane wartości parametrów rowków określa tab. 12.6.1. O ile pozwalają na to dostępne urządzenia (tarcze tnące) zaleca się wykonywanie rowków o przekroju trapezowym, gdyż w porównaniu z tradycyjnymi o przekroju prostokątnym, skuteczniej odprowadzają wodę opadową, ich krawędzie są bardziej odporne na wykruszanie i są mniej podatne na zatykanie zanieczyszczeniami. Trwałość rowkowania wynosi ponad 5 lat i w przypadku nawierzchni asfaltowej pokrywa się z koniecznością wymiany warstwy ścieralnej.

(11) Przy znacznym zdeformowaniu nawierzchni na rampie drogowej usprawnienie spływu wody opadowej wykonuje się w dwóch etapach: najpierw podłużne frezowanie (grinding) w celu poprawy równości podłużnej i poprzecznej, a następnie rowkowanie warstwy ścieralnej nawierzchni (grooving). Możliwe jest również wykonanie zabiegu hybrydowego (grinding&grooving) to jest równoczesnego frezowania (grinding) oraz rowkowania warstwy ścieralnej nawierzchni (grooving).

(12) Skuteczność zastosowania każdego z wymienionych w akapitach od (4) do (11), a także innych środków budowlanych, można ocenić wykorzystując analityczny model umożliwiający określenie grubości warstwy wody na jezdni oraz opisujący zależność między grubości warstwy wody, dopuszczalną prędkością na drodze i zagrożeniem wystąpienia aquaplaningu. Współczesne programy do komputerowego wspomaganie projektowania dróg zawierają odpowiednie moduły do sprawdzenia zagrożenia aquaplaningiem. Można też wykorzystać specjalistyczne modele symulacyjne o podobnych właściwościach użytkowych.

(13) Przy doborze środka budowlanego poprawy spływu wody z rampy, uwzględnia się cechy odcinka drogi, warunki lokalne, w tym prędkość do projektowania lub prędkość dopuszczalną, oczekiwaną skuteczność oraz koszty wykonania i użytkowania. Jeżeli zastosowanie jednego z wymienionych w akapitach od (4) do (11) środków technicznych nie gwarantuje skutecznego odwodnienia i nie spełnia wymagań BRD, uwzględnia się także ograniczenie dopuszczalnej prędkości ruchu przy mokrym stanie nawierzchni jezdni.

a) układ pasm rowków



b) pasma rowków po ich wykonaniu



Rys. 12.6.2. Przykład systemu rowkowania warstwy ścieralnej nawierzchni na istniejącej rampie drogowej (fragment) – szczegół (źródło: zdjęcie wykonawcy rowków)

Tab. 12.6.1. Typowe parametry systemu rowkowania

Nazwa parametru	Wartość parametru
Szerokość rowka	10 mm \pm 2 mm
Głębokość rowka	8 mm \pm 2 mm
Odstęp (osiowy) między rowkami	6-10 cm \pm 10 mm
Liczba rowków w jednym paśmie	5-10
Odległość między pasmami ¹⁾	2-5 m
Kąt nachylenia rowków względem osi jezdni	dostosowany do potrzeb
¹⁾ odległość między pasmami rowków jest to odległość między pierwszymi rowkami sąsiednich pasm, mierzona wzdłuż krawędzi nawierzchni drogi	

Załącznik nr 1. Formularz raportu z kontroli odwodnienia

RAPORT Z KONTROLI STANU ODWODNIENIA NR/.....

A. Ogólne dane o drodze i kontroli

A1. Oznaczenie odcinka drogi (zgodnie z systemem opisu zarządcy drogi)

.....

A2. Lokalizacja odcinka drogi podlegającego inspekcji:

.....

A3. Informacja o wcześniej wykonanych inspekcjach:

Data ostatniej inspekcji:

Wnioski z ostatniego Raportu:

.....

A4. Zleceniodawca inspekcji:

.....

A5. Osoba (osoby) przeprowadzająca inspekcję:

.....

A6. Data inspekcji:

B. Szczegółowe dane o odcinku drogi poddanym kontroli

B1. Charakterystyka drogi i występujących na niej obiektów drogowych wraz z ich lokalizacją

a) klasa i funkcja drogi

b) typ przekroju poprzecznego

B2. Elementy odwodnienia występujące na analizowanym odcinku:

Element	TAK	NIE	Liczba
Odcinki z rampami drogowymi			
Pobocza – rodzaj (o nawierzchni twardej, gruntowej)			
Muldy i rowy			
Muldy i rowy infiltracyjne			
Ścieki przykrawężnikowe			
Ścieki otwarte			
Ścieki zamknięte			
Wpusty deszczowe			
Urządzenia infiltracyjne rozproszonej			
Osadniki i separatory			
Zbiorniki retencyjne			
Zbiorniki retencyjno-infiltracyjne			
Zamknięte zbiorniki retencyjne			
Przepusty drogowe			
Inne urządzenia do odwodnienia powierzchniowego (podać rodzaj)			

Studzienki wpustów			
Studzienki połączeniowe			
Studzienki przelotowe (kontrolne)			
Przykanaliki			
Kanały			
Drenaż płytki			
Drenaż głęboki			
Dodatkowe urządzenia do odwodnienia związane z ochroną środowiska			

C. Wyniki kontroli

Oceniany odcinek drogi od km do km.....

Opis ogólnych warunków dopływu wód do urządzeń odwodnienia powierzchniowego drogi i możliwości odprowadzenia wód z tych urządzeń:

.....

Zalecenia:

.....

Opis stanu urządzeń do odwodnienia powierzchniowego z dodatkowymi danymi lokalizacyjnymi:

.....

Zalecenia:

.....

Opis stanu kanalizacji deszczowej z dodatkowymi danymi lokalizacyjnymi:

.....

Zalecenia:

.....

Opis stanu drenażu z dodatkowymi danymi lokalizacyjnymi:

.....

Zalecenia:

.....

Dokumentacja fotograficzna ocenianych elementów szczegółowo opisanych w raporcie:

Zdjęcie

Zdjęcie

Zdjęcie

Zdjęcie

Zdjęcie

Zdjęcie

Podpis/y wykonawcy/ów kontroli	Zatwierdzenie przez kierownika jednostki zlecającej
--------------------------------	---

Załącznik nr 2. Lista pomocniczych pytań kontrolnych przy wykonywaniu kontroli odwodnienia

Sprawdzane urządzenie odwodnienia	Nr	Pytania kontrolne
Odwodnienie powierzchniowe		
0. Ogólne warunki obciążenia urządzeń odwodnienia powierzchniowego i odprowadzenia wód	1	Czy w otoczeniu drogi wystąpiły zmiany zagospodarowania przestrzennego lub zmiany form użytkowania terenu wpływające na wielkość spływu wód do urządzeń odwodnienia powierzchniowego drogi?
	2	Czy wystąpiły zmiany odbiorników wód powierzchniowych wpływające na zdolność przyjmowania wód z urządzeń odwodnienia powierzchniowego drogi?
1. Jezdnia na odcinkach dróg i skrzyżowaniach	1	Czy wysokościowe ukształtowanie w rejonie ramp, łuków poziomych, skrzyżowań powoduje szybkie i skuteczne spływanie wody bez utrudnień dla ruchu?
	2	Czy na krawężniach jezdni występują zastoiska wody?
	3	Czy na nawierzchni jezdni występują nierówności utrudniające odpływ wody?
2. Pobocza	1	Czy występuje wyniesienie pobocza ponad krawędź jezdni?
	2	Czy roślinność na poboczu utrudnia spływ wody?
	3	Czy na poboczu występują ślady erozji?
3. Muldy i rowy (w tym infiltracyjne)	1	Czy spadki podłużne pozwalają na prawidłowy spływ wody?
	2	Czy głębokość muldy/rowu jest zgodna z projektem?
	3	Czy występuje zamulenie i czy jest ono dopuszczalne (grubość warstwy mniejsza niż 3 cm)?
	4	Czy mulda/rów jest nadmiernie zarośnięty?
	5	Czy skarpy są bez uszkodzeń, w tym nierozmyte?
	6	Czy dno rowu/muldy z uszczelnieniem jest prawidłowo uszczelnione?
	7	Czy dno rowu/muldy z funkcją infiltracji spełnia swoją funkcję?
4. Ścieki przykrawężnikowe oraz ścieki otwarte inne niż przykrawężnikowe	1	Czy stan połączenia z nawierzchnią jest prawidłowy?
	2	Czy ściek jest równy i bez uszkodzeń mechanicznych?
	3	Czy stan połączenia ścieku z wpustami pozwala na swobodny spływ wody?
	4	Czy ściek jest zamulony w stopniu większym niż 1 cm grubości?
5. Ścieki zamknięte	1	Czy stan krat i szczelin umożliwia prawidłowy odbiór wody z nawierzchni?
	2	Czy koryto ścieku jest zanieczyszczone resztami organicznymi lub zamulone?
6. Wpusty deszczowe	1	Czy położenie wpustu pozwala na swobodny odbiór wody?
	2	Czy kraty wpustu jest drożna, bez zanieczyszczeń?
7. Urządzenia infiltracyjne rozproszone	1	Czy dopływ do urządzenia jest drożny?
	2	Czy występują zanieczyszczenia powierzchniowe warstwy filtracyjnej?
	3	Czy występują zanieczyszczenia w głębszych warstwach filtracyjnych?

Sprawdzane urządzenie odwodnienia	Nr	Pytania kontrolne
8. Zbiorniki otwarte: <ul style="list-style-type: none"> • osadniki • zbiorniki retencyjne • infiltracyjne • retencyjno-infiltracyjne 	1	Czy dopływ i odpływ jest drożny?
	2	Jaki jest ogólny stan techniczny budowli, w tym sprawność elementów technicznego wyposażenia (zasuw, zastawek)?
	3	W przypadku zbiorników gruntowych – czy zbiornik jest nadmiernie zarośnięty?
	4	W przypadku zbiorników gruntowych – czy skarpy zbiornika są bez uszkodzeń, w tym erozyjnych?
	5	Czy grubość warstwy osadu na dnie zbiornika przekracza 20 cm?
	6	Czy występują inne czynniki zagrażające prawidłowemu funkcjonowaniu zbiornika?
	7	Czy w przypadku zbiorników infiltracyjnych oraz retencyjno-infiltracyjnych odnotowano długotrwałe zaleganie wody w tych zbiornikach?
9. Zbiorniki zamknięte retencyjne	1	Czy dopływ jest drożny?
	2	Czy odpływ jest drożny?
	3	Czy przelew jest drożny?
	4	Czy grubość warstwy osadu przekracza 20 cm?
	5	Jaki jest ogólny stan techniczny budowli?
10. Przepusty	1	Czy wloty i wyloty przepustu znajdują się w miejscu umożliwiającym przepływ wody z rowu?
	2	Czy przepust jest zamulony w sposób utrudniający przepływ wody?
	3	Czy przepust ma uszkodzenia mechaniczne?

Kanalizacja deszczowa		
1. Studzienki wpustów, studzienki połączeniowe, studzienki przelotowe (kontrolne), przykanaliki	1	Czy studnia jest zamknięta pokrywą/włazem?
	2	Czy pokrywa/właz ma uszkodzenia uniemożliwiające jej bezpieczne i prawidłowe funkcjonowanie?
	3	Czy wpusty są drożne?
	4	Czy poziom osadu w osadnikach lub w separatorach może utrudniać przepływ wody?
2. Kanały	1	Czy kanały są drożne?

Drenaż		
1. Drenaż głęboki i płytki	1	Czy wyloty drenażu są drożne?
	2	Czy w studniach rewizyjnych występują zanieczyszczenia ograniczające przepływ wody?
	3	Czy stan korpusu drogowego, skarp wykopów i nasypów sugeruje problemy z odwodnieniem wgłębnym?

