

**ZALECENIA PROJEKTOWANIA, BUDOWY  
I UTRZYMANIA ODWODNIENIA DRÓG  
ORAZ PRZYSTANKÓW KOMUNIKACYJNYCH**

ISBN

Warszawa, 2009

Praca została wykonana na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg  
Krajowych i Autostrad

© Copyright by Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad  
Warszawa 2009

ISBN

**Koordynator serii Zaleceń**

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

**Autorzy opracowania**

dr inż. Barbara Strycharz

dr inż. Roman Edel

dr inż. Barbara Kliszczewicz, Doc. Pol.Śl

dr inż. Anna Olma

dr inż. Anna Żak

mgr inż. Karina Szeja

**Rysunki**

mgr inż. Marcin Grygierek

mgr inż. Bartłomiej Grzesik

mgr inż. Karina Szeja

**Opiniodawcy**

dr hab. inż. Stanisław Gaca, Profesor Politechniki Krakowskiej

dr hab. inż. Tadeusz Sandecki, Profesor Politechniki Warszawskiej

mgr inż. Andrzej Borowski starszy projektant KBPDiM „Transprojekt”

mgr inż. Andrzej Wiszowaty, główny projektant, biuro projektowe „ARCADIS”

**Redakcja**

mgr Ewa Misiewicz

mgr Justyna Szczepańska

**Wydawca**

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

ul. Jagiellońska 80

03-301 Warszawa

tel. (0-22) 811 3231, fax (0-22) 811 17 92

e-mail: ibdim.edu.pl.

**Druk**

WROCŁAWSKA DRUKARNIA NAUKOWA PAN

im. Stanisława Kulczyńskiego

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków  
komunikacyjnych*

---

53-505 Wrocław, ul. Lelewela 4  
tel. (0-71) 349 90 18, fax (0-71) 343 87 78

## **SPIS TREŚCI**

<b>1</b>	<b>Wstęp</b> .....	<b>9</b>
1.1	Przedmiot i cel zaleceń .....	9
1.2	Zakres stosowania zaleceń .....	9
1.3	Określenia podstawowe przyjęte w Zaleceniach .....	10
<b>2</b>	<b>Ogólne zasady odwodnienia</b> .....	<b>12</b>
2.1	Funkcje systemu odwodnienia .....	12
2.2	Składowe systemu odwodnienia .....	13
2.3	Ogólne zasady odwodnienia powierzchniowego .....	13
<b>3</b>	<b>Dane niezbędne do obliczeń hydraulicznych</b> .....	<b>15</b>
3.1	Opady atmosferyczne .....	15
3.2	Zlewnie drogowe (rodzaje i charakterystyka) .....	19
3.3	Retencja i jej rodzaje .....	20
3.4	Określenie odpływu ze zlewni .....	21
3.5	Wody podziemne .....	25
3.6	Projektowanie cieków otwartych .....	27
3.6.1	Dane do wymiarowania cieków .....	27
3.6.2	Obliczenie wielkości przepływu w cieku .....	29
3.7	Projektowanie ciągów drenarskich .....	30
3.7.1	Projektowanie średnicy drenu .....	30
3.7.2	Ograniczenia w projektowaniu spadku drenu .....	31
3.7.3	Głębokość ułożenia drenu .....	32
<b>4</b>	<b>Odwodnienie powierzchniowe dróg i ulic</b> .....	<b>33</b>
4.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	33
4.2	Muldy i rowy .....	33
4.2.1	Określenia podstawowe .....	33
4.2.2	Muldy i rowy otwarte .....	34
4.2.3	Rowy kryte .....	43
4.2.4	Kaskady .....	44
4.2.5	Bystrotoki .....	47
4.3	Ścieki .....	48
4.3.1	Określenia podstawowe .....	48
4.3.2	Ścieki otwarte uliczne .....	49
4.3.3	Ścieki zamknięte uliczne .....	54

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

4.3.4	Ścieki drogowe otwarte.....	56
4.4	Zbiorniki retencyjne .....	58
4.4.1	Określenia podstawowe .....	58
4.4.2	Zakres stosowania .....	58
4.4.3	Wymagania ogólne.....	58
4.4.4	Zbiorniki retencyjne otwarte .....	59
4.4.5	Zbiorniki retencyjne zamknięte.....	65
4.5	Zalecenia materiałowe.....	66
4.5.1	Rowy otwarte .....	66
4.5.2	Kaskady.....	70
4.5.3	Bystrotoki.....	70
4.5.4	Ścieki otwarte drogowe i uliczne .....	70
4.5.5	Ścieki zamknięte .....	72
4.5.6	Zbiorniki retencyjne.....	72
4.6	Wymagania przy odbiorze.....	73
4.6.1	Rowy otwarte .....	73
4.6.2	Rowy kryte.....	73
4.6.3	Kaskady i bystrotoki .....	73
4.6.4	Ścieki otwarte.....	73
4.6.5	Zbiorniki retencyjne.....	75
4.7	Wymagania w okresie eksploatacji .....	75
4.7.1	Rowy otwarte .....	75
4.7.2	Rowy kryte.....	76
4.7.3	Ścieki.....	76
4.7.4	Zbiorniki retencyjne.....	76
<b>5</b>	<b>Odwodnienie węgłne dróg i ulic .....</b>	<b>77</b>
5.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	77
5.2	Określenia podstawowe.....	77
5.3	Drenaż głęboki.....	83
5.3.1	Obniżenie poziomu wody gruntowej .....	83
5.3.2	Drenaż skarp.....	85
5.3.3	Drenaż ochronny (tereny osuwiskowe i inne).....	87
5.3.4	Drenaż podstawy nasypu.....	88
5.3.5	Funkcje i składowe drenażu .....	88
5.4	Drenaż płytki (warstwy filtracyjne).....	92
5.4.1	Podbudowy niezwiązane .....	92
5.4.2	Warstwa mrozoochronna .....	92
5.4.3	Warstwa odsączająca .....	93
5.4.4	Warstwa wzmacniająca podłoże .....	96
5.4.5	Warstwa odcinająca .....	97
5.5	Odwodnienie w obszarze wód chronionych.....	98

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

5.5.1	Uregulowania prawne .....	98
5.5.2	Uszczelnienie korpusu drogowego.....	98
5.5.3	Przykłady zastosowań .....	99
5.6	Zbiorniki infiltracyjne oraz retencyjno-infiltracyjne .....	99
5.6.1	Określenia podstawowe .....	99
5.6.2	Zakres stosowania i klasyfikacja.....	100
5.6.3	Wymagania .....	100
5.6.4	Zalecenia materiałowe .....	101
5.6.5	Wymagania przy obiorze .....	101
5.6.6	Wymagania w okresie eksploatacji .....	101
<b>6</b>	<b>Kanalizacja deszczowa .....</b>	<b>103</b>
6.1	Przedmiot, cel i zakres opracowania .....	103
6.2	Określenia podstawowe.....	103
6.3	Charakterystyka systemów do odprowadzania ścieków opadowych.....	106
6.4	Kanalizacja deszczowa zlokalizowana w pasie drogowym.....	108
6.4.1	Usytuowanie przewodu .....	108
6.4.2	Odległości między przewodami i obiektami .....	109
6.4.3	Głębokość ułożenia przewodów.....	109
6.4.4	Średnice i spadki przewodów.....	111
6.4.5	Prędkości przepływu .....	112
6.4.6	Wpusty deszczowe i przykanaliki .....	112
6.4.7	Rozmieszczenie studzienek kanalizacyjnych.....	112
6.4.8	Samoczyszczanie kanałów .....	113
6.5	Hydrauliczne wymiarowanie grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych .....	114
6.6	Statyczno-wytrzymałościowa analiza grawitacyjnych przewodów ułożonych w gruncie .....	115
6.6.1	Założenia obliczeniowe.....	115
6.6.2	Klasyfikacja przewodów z uwagi na ich sztywność .....	115
6.6.3	Obciążenia.....	116
6.6.4	Analiza statyczno-wytrzymałościowa rurociągów.....	119
6.7	Zalecenia materiałowe.....	120
6.7.1	Uwagi ogólne .....	120
6.7.2	Rury i kształtki .....	121
6.7.3	Studzienki kanalizacyjne.....	122
6.8	Budowa kanalizacji deszczowej .....	123
6.9	Wymagania przy odbiorze.....	124
6.10	Wymagania eksploatacyjne .....	125
6.11	Przewody kanalizacji deszczowej na terenach górniczych .....	126
6.11.1	Ogólna charakterystyka wpływu górniczej deformacji terenu na podziemne rurociągi .....	126

---

6.11.2	Dodatkowe obciążenia podziemnych przewodów na terenach górniczych .....	128
6.11.3	Uwzględnianie wpływów górniczych w projektowaniu kanalizacji deszczowej.....	128
6.11.4	Zalecenia materiałowe .....	129
6.11.5	Zalecenia eksploatacyjne .....	130
<b>7</b>	<b>Odwodnienie skrzyżowań .....</b>	<b>132</b>
7.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	132
7.2	Metoda warstwic projektowanych.....	132
7.2.1	Plany warstwicowe skrzyżowań.....	134
7.3	Lokalizacja wpustów deszczowych.....	138
<b>8</b>	<b>Odwodnienie przystanków komunikacyjnych .....</b>	<b>139</b>
8.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	139
8.1.1	Wymagania geometryczne zatok autobusowych .....	139
8.2	Zalecenia dla odwodnienia zatok autobusowych .....	140
8.3	Wymagania przy odbiorze.....	141
8.4	Wymagania w okresie eksploatacji .....	141
8.5	Zalecenia materiałowe.....	142
<b>9</b>	<b>Odwodnienie w obszarze wpływów górniczych .....</b>	<b>143</b>
9.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	143
9.2	Cel zaleceń.....	143
9.3	Określenia podstawowe.....	143
9.4	Kategorie terenów górniczych.....	147
9.5	prognozy deformacji górniczych terenu .....	148
9.6	Profilaktyka górnicza.....	149
9.7	Wpływ profilaktyki górniczej na odwodnienie dróg .....	149
9.8	Profilaktyka budowlana.....	151
9.9	Monitoring deformacji górniczych.....	153
<b>10</b>	<b>Zalecenia utrzymania dróg w zależności od pór roku .....</b>	<b>156</b>
10.1	Wiosenne utrzymanie dróg.....	156
10.2	Letnie utrzymanie dróg.....	156
10.3	Jesienne utrzymanie dróg .....	157
10.4	Przyczyny i skutki źle funkcjonującego systemu odwodnienia powierzchniowego.....	157
<b>11</b>	<b>Wytyczne kontroli stanu odwodnienia powierzchni dróg .....</b>	<b>160</b>
11.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	160
11.2	Warunki prowadzenia kontroli stanu odwodnienia .....	160

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

11.3	Elementy kontroli stanu odwodnienia drogi.....	160
11.4	Opis metody kontroli stanu odwodnienia drogi .....	165
11.4.1	Założenia ogólne.....	165
11.4.2	Założenia szczegółowe.....	167
<b>12</b>	<b>Zalecenia do oceny stanu odwodnienia wglębnego dróg.....</b>	<b>171</b>
12.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	171
12.2	Zalecany zakres czynności rozpoznawczych .....	171
12.3	Zalecany zakres cyklicznych badań i pomiarów .....	172
12.4	Zalecany zakres danych i pomiarów w obszarze wpływów górnictw[19] [17].....	172
<b>13</b>	<b>Zalecany zakres wymagań zawartości projektu odwodnienia.....</b>	<b>174</b>
13.1	Przedmiot i zakres zaleceń .....	174
13.2	Zalecany zakres czynności rozpoznawczych .....	174
13.3	Wymagany zakres projektu odwodnienia.....	174
13.4	Zalecany zakres danych i pomiarów w obszarze wpływów górnictw [19] [17].....	175
<b>Literatura .....</b>		<b>176</b>
<b>Spis rysunków i fotografii .....</b>		<b>180</b>
<b>Spis tablic.....</b>		<b>184</b>



## **1. Wstęp**

### **1.1 Przedmiot i cel zaleceń**

Przedmiotem Zaleceń jest określenie zakresu niezbędnych danych stanowiących podstawę do projektowania, budowy i utrzymania poszczególnych elementów systemu odwodnienia dróg, ulic, skrzyżowań oraz przystanków komunikacyjnych.

Celem zaleceń jest określenie wymagań oraz szczegółowej procedury postępowania umożliwiającej poprawne zaprojektowanie składowych systemu odwodnienia dróg, ulic, skrzyżowań i przystanków komunikacyjnych oraz określenie wymagań w zakresie ich budowy i utrzymania.

### **1.2 Zakres stosowania zaleceń**

Zalecenia mają zastosowanie w budownictwie drogowym do:

- określenia funkcji oraz zadań dla elementów systemu odwodnienia dróg, ulic, skrzyżowań i przystanków komunikacyjnych,
- określenia danych niezbędnych do obliczeń hydraulicznych poszczególnych elementów w/w systemu odwodnienia,
- projektowania, budowy i utrzymania elementów powierzchniowego odwodnienia dróg, ulic, skrzyżowań oraz przystanków komunikacyjnych,
- projektowania, budowy i utrzymania elementów odwodnienia wglębnego dróg, ulic, skrzyżowań oraz przystanków komunikacyjnych,
- projektowania, budowy i utrzymania kanalizacji deszczowej,
- projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia skrzyżowań,
- projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia przystanków komunikacyjnych,
- projektowania, budowy i utrzymania elementów odwodnienia w obszarze wpływów górniczych,
- określenie funkcji i zadań zbiorników wód deszczowych stosowanych w drogownictwie.

Zalecenia mogą być stosowane do projektowania, budowy i utrzymania elementów odwodnienia dróg wszystkich klas dróg stosowanych w Polsce, do których zalicza się:

- 1) autostrady, oznaczone symbolem 'A',
- 2) drogi ekspresowe, oznaczone symbolem 'S',
- 3) drogi główne ruchu przyspieszonego, oznaczone symbolem 'GP',
- 4) drogi główne, oznaczone symbolem 'G',

- 5) drogi zbiorcze, oznaczone symbolem 'Z',
- 6) drogi lokalne, oznaczone symbolem 'L'
- 7) drogi dojazdowe, oznaczone symbolem 'D'.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 11 maja 1999 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie drogi zaliczone do jednej z kategorii powinny mieć parametry techniczne i użytkowe odpowiadające następującym klasom dróg:

- a) drogi krajowe – klasy A, S, GP i wyjątkowo klasy G,
- b) drogi wojewódzkie – klasy G, Z i wyjątkowo klasy GP,
- c) drogi powiatowe – klasy G, Z i wyjątkowo klasy L,
- d) drogi gminne – klasy L, D i wyjątkowo klasy Z.

### **1.3 Określenia podstawowe przyjęte w Zaleceniach**

**System odwodnienia drogi** – jest to zespół elementów zlokalizowanych w pasie drogowym, służących do odprowadzenia wód powierzchniowych i wglębnych.

**Pas drogowy** – wydzielony pas terenu przeznaczony do ruchu lub postoju pojazdów oraz pieszych wraz z wszelkimi urządzeniami (w tym składowe odwodnienia).

**Rów** - otwarty wykop o głębokości powyżej 0,30 do 1,20 m, który zbiera i odprowadza wodę (rodzaje rowów omówione w punkcie 4 Zaleceń).

**Ściek** – zagłębienie o głębokości do 0,30 cm włącznie z umocnionym dnem, zbierające i odprowadzające wodę (rodzaje ścieków omówione w punkcie 4 Zaleceń).

**Przepust drogowy** - obiekt inżynierski, służący do przeprowadzania wody pod konstrukcją drogi z jednej strony na drugą stronę drogi (przepusty omówiono szczegółowo w Zeszycie nr 3 „Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli, przejść podziemnych i przepustów).

**Odwodnienie powierzchniowe** – odprowadzenie wód opadowych z powierzchni pasa drogowego jak również napływających z przyległych do niego terenów (punkt 4 Zaleceń).

**Odwodnienie wglębne płytke** – służy do odprowadzenia wody infiltracyjnej przedostającej się w głąb nawierzchni drogowej (punkt 5 Zaleceń).

**Odwodnienie wglębne głębokie** – służy do obniżenie istniejącego poziomu zwierciadła wody gruntowej na głębokość wymaganą – zależną od rodzaju gruntu podłoża (punkt 5.3.1 Zaleceń).

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

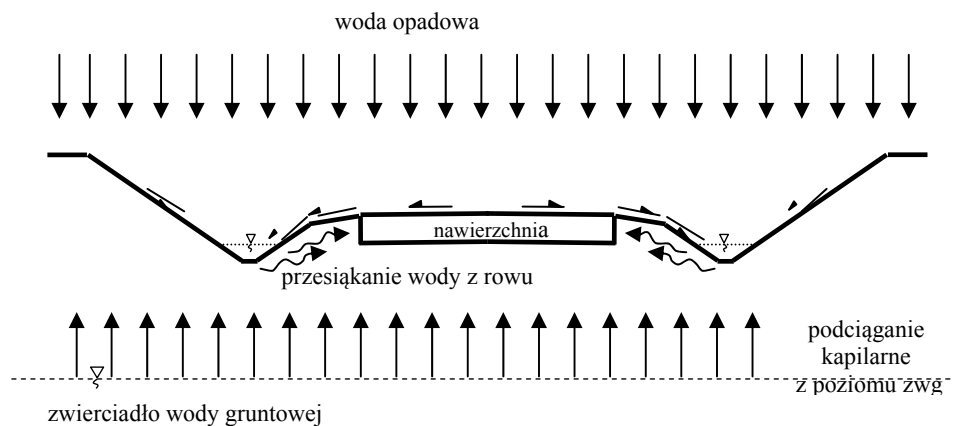
**Kanalizacja deszczowa** – system kanałów podziemnych oraz studzienek wpustowych i rewizyjnych służących do podziemnego odprowadzenia wód opadowych (punkt 6 Zaleceń).

## 2 OGÓLNE ZASADY ODWODNIENIA

### 2.1 Funkcje systemu odwodnienia

Zadaniem systemu odwodnienia jest jak najszybsze i możliwie całkowite ujęcie i odprowadzenie wód opadowych do odbiornika, spływających z: poboczy, skarp, pasa dzielącego, powierzchni nawierzchni, pasa drogowego oraz przyległego terenu, jak również wód przenikających do konstrukcji nawierzchni wskutek podciągania kapilarnego z poziomu wody gruntowej i wody zalegającej w rowach.

Na rys.2.1 przedstawiono uproszczony schemat wód działających na konstrukcję nawierzchni oraz na elementy pasa drogowego.



Rys. 2.1. Schemat wód działających na nawierzchnię, pobocza i skarpy rowów.

Do podstawowych funkcji systemu odwodnienia dróg należy zaliczyć:

- skuteczne ujęcie i odprowadzenie wód opadowych w celu zmniejszenia ich wpływu na degradację nawierzchni i bezpieczeństwo użytkowników drogi (punkt 4 ),
- skuteczne ujęcie i odprowadzanie wód przenikających do spodu konstrukcji nawierzchni i podłoża (punkt 5),
- obniżenie zwierciadła wód gruntowych do poziomu wymaganego od spodu konstrukcji nawierzchni (punkt 5 ),
- drenaż skarp niezbędny gdy torowisko ziemne przecina warstwa wodonośna (punkt 5),
- drenaż ochronny w terenach osuwiskowych (punkt 5),
- odprowadzanie wód poza koronę drogi,
- oczyszczanie wód ze szkodliwych zanieczyszczeń pochodzących z użytkowania drogi (zagadnie ujęte w Zeszycie 7),

- wprowadzanie wód do środowiska zgodnie z wymogami ochrony wód i prawa wodnego (zagadnienie ujęte w Zeszycie 7).
- Sprawnie działający system odwodnienia musi zapewnić szybkie odprowadzenie wód opadowych oraz wgłębnych przenikających do konstrukcji nawierzchni. Schemat wód oddziałujących na drogę przedstawia rys.2.1.

## **2.2 Składowe systemu odwodnienia**

Podstawowe składowe systemu odwodnienia drogi obejmują:

- odwodnienie powierzchniowe służące do odprowadzenia wód opadowych z powierzchni pasa drogowego jak również wód napływających z przyległych do niego terenów (punkt 4 Zaleceń).
- odwodnienie wgłębne (punkt 5 Zaleceń):
  - płytkie: urządzenia służące do odprowadzenia wody infiltracyjnej przedostającej się w głąb nawierzchni drogowej,
  - głębokie: urządzenia służące do obniżenia poziomu wody gruntowej,
  - drenaż skarp gdy torowisko ziemne przecina warstwa wodonośna (punkt 5 Zaleceń),
  - drenaż ochronny w terenach osuwiskowych (punkt 5 Zaleceń),
  - kanalizację deszczową (punkt 6 Zaleceń),
- urządzenia służące do retencji i podczyszczania wód opadowych przed wprowadzeniem ich do odbiornika (omówiono w zeszycie 7).

## **2.3 OGÓLNE zasady odwodnienia powierzchniowego**

Podstawowym warunkiem prawidłowego odwodnienia powierzchniowego nawierzchni jest wykonanie jej z zagwarantowaniem minimalnego spadku. Spadek ten pozwala na odprowadzenie w sposób skuteczny i po najkrótszej drodze wód opadowych przypadających na te powierzchnie. Spadek ten nazywany spadkiem wypadkowym lub ukośnym jest wypadkową dwóch wielkości: spadku podłużnego niwelety oraz spadku poprzecznego.

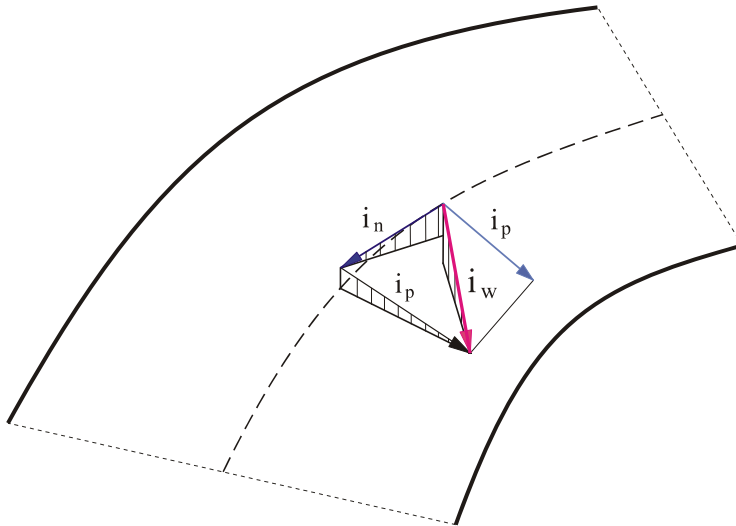
Spadek wypadkowy  $i_w$  wyznacza się jako wypadkową dwóch pochyłeń [11]:

- poprzecznego  $i_p$ ,
  - podłużnego niwelety drogi  $i_n$
- i oblicza się ze wzoru (2.1):

$$i_w = \sqrt{i_p^2 + i_n^2} \quad (2.1)$$

gdzie:

$i_w$  - pochylenie skośne (wypadkowe) nawierzchni,  
 $i_p$  - pochylenie poprzeczne nawierzchni,  
 $i_n$  - pochylenie podłużne niwelety drogi.



Rys. 2.2. Linia spływu po powierzchni drogi jednojezdniowej [11]

Na drogach dwujezdniowych pochylenie poprzeczne jezdni na prostej powinno wynosić 2,5%. (Zalecana wartość pochylenia poprzecznego odmienna wartości zalecanej w Rozporządzeniu [53]).

### 3 Dane niezbędne do obliczeń hydraulicznych

#### 3.1 Opady atmosferyczne.

Opady atmosferyczne to tworzące się z chmur produkty kondensacji pary wodnej zawartej w atmosferze ziemskiej. Kondensacja pary wodnej może występować:

- na powierzchni przedmiotów, znajdujących się na ziemi lub nad nią w postaci rosy, szronu, szadzi i gołoledzi,
- w najniższych warstwach atmosfery (tuż nad ziemią) jako mgła,
- na pewnej wysokości nad ziemią w postaci chmur, z których w odpowiednich warunkach mogą powstać opady atmosferyczne jako mżawka, deszcz, śnieg, krupy lub grad [8][11].

Opady ze względu na stan fizyczny i wielkość cząstek dzielimy na:

- **mżawkę** czyli opad złożony wyłącznie z bardzo małych kropelek wody (poniżej 0,5 mm), w którym trudno odróżnić oddzielne krople. Mżawka powstaje ze zwartej, niskiej chmury sięgającej niekiedy aż do powierzchni terenu,
- **deszcz** składający się z pojedynczych kropelek wody w stanie ciekłym o różnej średnicy w granicach 0,05 mm do 7 mm. Krople bardzo duże (powyżej 2 mm) i bardzo małe (do 0,25 mm) występują rzadko. Prędkość spadania kropli deszczu wynosi przeciętnie  $4 \div 5$  m/s; dla dużych kropli dochodzi do 8 m/s,
- **śnieg** będący opadem stałym złożonym z rozgałęzionych sześciokątnych kryształków lodu (śnieżynek). W temperaturze wyższej od  $-10^{\circ}\text{C}$  dzięki zetknięciu z kropelkami mgły śnieżynki ulegają zazwyczaj zlepianiu w płatki,
- **krupy** będące opadem w postaci okrągłych lub rzadziej stożkowatych nieprzezroczystych lub półprzezroczystych (z otoczką lodu) ziaren o średnicy od 2 mm do 5 mm,
- **grad** będący kulkami lub nieregularnymi bryłkami lodu o średnicy od 5 mm do 50 mm (czasami nawet większymi). Grad pada zazwyczaj podczas burz, ale zawsze w temperaturze powyżej  $0^{\circ}\text{C}$  przy powierzchni ziemi.

**Burza** jest zjawiskiem kondensacji pary wodnej w atmosferze połączonym z widocznymi lub słyszalnymi wyładowaniami atmosferycznymi. Krótkotrwałe opady o dużym natężeniu nazwano nawałnymi lub ulewnymi. Jeżeli opady te występują podczas burzy to nazywamy je burzowymi.

Do wielkości charakteryzujących opady deszczowe zalicza się:

- wielkość opadów,
- natężenie opadu,

- czas trwania deszczu,
- meteorologiczna siła deszczu
- częstotliwość deszczu
- zasięg deszczu.

Ogólne i szczegółowe parametry charakteryzujące wielkość opadów, m.in.: natężenie deszczu, średnie sumy opadów w Polsce i inne, publikowane są w następujących opracowaniach: „Rocznik hydrologiczny” oraz „Atlas Klimatu Polski”.

Materiały opracowywane, dla wybranych regionów w Polsce, przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej publikowane są przez IMiGW Warszawa.

**Wysokość opadów** – grubość warstwy w mm powstająca z opadu atmosferycznego.

**Wysokością opadu normalnego** (opadem normalnym) nazywamy przeciętną wysokość opadu dla danego okresu, zależną wyłącznie od czynników stałych, takich jak: położenia geograficznego, odległości od mórz i oceanów, położenia w stosunku do pasm górskich.

**Natężenie opadu** [11] (intensywność opadu) jest wielkością fizyczną charakteryzującą rozpatrywany opad atmosferyczny – stosunek przyrostu wysokości opadu do czasu, w którym ten przyrost nastąpił. Natężenie opadu obliczane jest według wzoru (3.1):

$$J = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (3.1)$$

gdzie:

$J$  - natężenie opadu [mm/min],

$\Delta P$  - przyrost wysokości opadu [mm],

$\Delta t$  - czas, w którym nastąpił przyrost wysokości opadu [min].

Ogólne równanie wydajności opadów  $u$  w funkcji czasu trwania deszczu określa się według wzoru (3.2):

$$u = \alpha \cdot \sqrt{t} \quad (3.2)$$

gdzie:

$u$  - wydajność opadu [mm],

$\alpha$  - współczynnik wydajności opadu zależny od czasu trwania deszczu,

$t$  - czas trwania opadu [min].

Współczynnik wydajności opadu  $\alpha$  oblicza się według wzoru (3.3).



$$\alpha = \sqrt{2^k} \quad (3.3)$$

gdzie:

$\alpha$  – współczynnik wydajności opadu zależny od czasu trwania deszczu,  
 $k$  – liczba ze skali Chomicza (Tablica 3.1).

**Tablica 3.1. Skala Chomicza [11]**

Numer skali Chomicza $k$	Współczynniki wydajności deszczów $a_k$	Kategoria deszczu		
		określenie		znak literowy
0	0,00÷1,00	zwykły deszcz		
1	1,01÷1,40	silny deszcz		A <sub>0</sub>
2	1,41÷2,00	deszcz ulewny	I st.	A <sub>1</sub>
3	2,01÷2,82		II st.	A <sub>2</sub>
4	2,83÷4,00		III st.	A <sub>3</sub>
5	4,01÷5,65		IV st.	A <sub>4</sub>
6	5,66÷8,00	deszcz nawałny	I st.	B <sub>1</sub>
7	8,01÷11,30		II st.	B <sub>2</sub>
8	11,31÷16,00		III st.	B <sub>3</sub>
9	16,01÷22,61		IV st.	B <sub>4</sub>
10	22,62÷32,00		V st.	B <sub>5</sub>
11	32,01÷45,23		VI st.	B <sub>6</sub>
12	45,24÷64,00		VII st.	B <sub>7</sub>

Natężenie deszczu wyrażone w  $\text{dm}^3/(\text{s a})$  niezbędne przy obliczaniu odwodnienia deszczowego wyraża wzór (3.4):

$$q = 166,7 \cdot J \left[ \frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{ha}} \right] \quad (3.4)$$

**Czas trwania deszczu** określany zazwyczaj w minutach ściśle wiąże się z natężeniem deszczu i prawdopodobieństwem jego wystąpienia.

**Czas trwania deszczu obliczeniowego** odpowiada czasowi dopływu wód opadowych do odbiornika. Dla czasów dopływu do 10 minut w obrębie płaskich zlewni przyjmuje się za podstawę obliczeniową deszcz 10–minutowy (przy wyjątkowo korzystnych warunkach spływu można przyjąć deszcz 5–minutowy).

**Częstotliwość wystąpienia deszczu C** jest to okres czasu wyrażony w latach, w którym wystąpi deszcz o danym lub większym natężeniu. Na podstawie częstotliwości wystąpienia deszczu określa się prawdopodobieństwo  $p$  intensywność jego powtórzenia się, wg wzoru (3.5):

$$p = \frac{1}{C} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

**Prawdopodobieństwo** pojawienia się deszczu  $p$  wyrażone w procentach określa, ile razy w przeciągu stulecia zostanie osiągnięte przekroczenie danego natężenia deszczu. Wartość prawdopodobieństwa pojawienia się deszczu określa stopień bezpieczeństwa bezawaryjnego działania urządzeń odwadniających.

**Zasięg deszczu** – wielkość obszaru objętego deszczem. Zależność zasięgu od natężenia deszczu wyraża zależność (3.6):

$$F = 5 \cdot (5 - J)^3 \quad (3.6)$$

gdzie:

$F$  - powierzchnia obszaru objętego deszczem w  $\text{km}^2$

$J$  - natężenie deszczu w  $\text{mm}/\text{min}$ .

**Miarodajne natężenie opadu** – deszcz o natężeniu będącym odpowiednikiem czasu jego trwania równemu czasowi spływu  $t$  cząsteczki wody z najodleglejszego punktu zlewni do rozważanego przekroju cieku, do którego jest odniesiony. Miarodajne natężenie deszczu wyrażone w zależności natężenia deszczu od czasu jego trwania i prawdopodobieństwa pojawienia się wyraża wzór (3.7):

$$q = \frac{A}{t^{0,667}} \quad (3.7)$$

gdzie :

$q$  - natężenie deszczu miarodajnego [ $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{ha})$ ],

$t$  - czas trwania deszczu [min],

$A$  - współczynnik zależny od prawdopodobieństwa pojawienia się deszczu oraz średniej rocznej wysokości opadu.

Wartość współczynnika  $A$  w zależności od średniej rocznej wysokości opadu  $h$  [mm] oraz wartości prawdopodobieństwa pojawienia się deszczu  $p$  [%] przedstawiona została w tabelicy 3.2.

**Tabela 3.2. Tabela wartości współczynnika  $A$  według [45]**

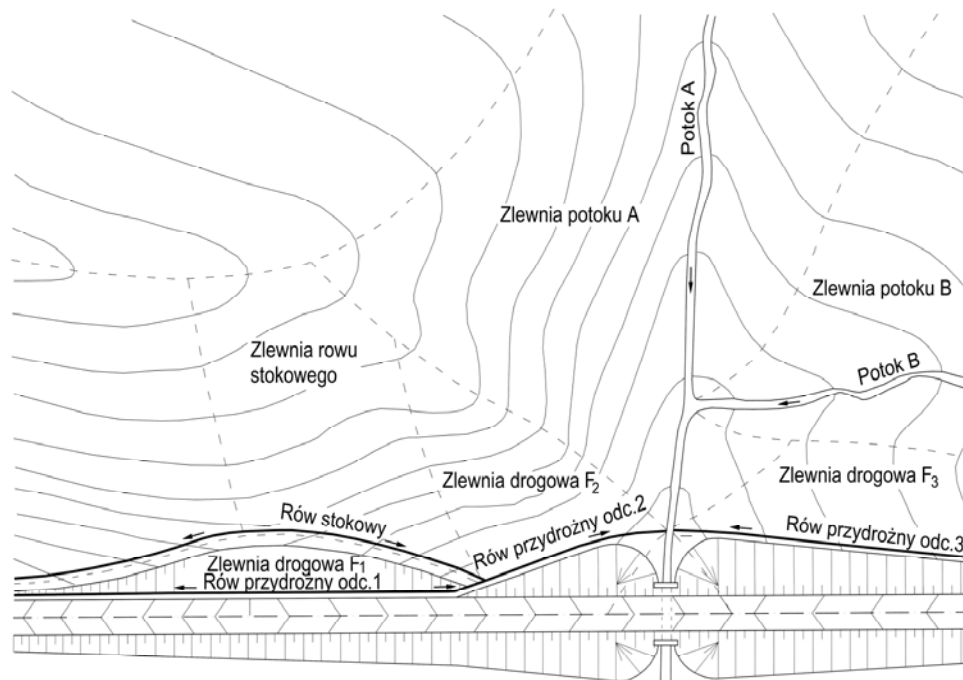
Wartość prawdopodobieństwa pojawienia się deszczu $p$ [%]	Wartość współczynnika $A$ zależnie od średniej rocznej wysokości opadu $h$ [mm]			
	do 800	do 1000	do 1200	do 1500
5	1276	1290	1300	1378
10	1013	1083	1136	1202
20	804	920	980	1025
50	592	720	750	796
100	470	572	593	627

### **3.2 Zlewnie drogowe (rodzaje i charakterystyka)**

Zlewnie są to obszary, w obrębie, których zbierająca się z opadów woda formuje się w strugi wodne i odpływa do odbiorników. Zlewnię charakteryzują procesy spływu, odpływu, przepływu i retencji – ukształtowanie pionowe zlewni, jej wielkość, kształt i wymiary, sposób zagospodarowania powierzchni terenu zlewni, przepuszczalność gruntów, obecność obszarów leśnych i różnego rodzaju roślinności, obecność naturalnych lub sztucznych zbiorników wodnych oraz koryt i cieków terenowych, oraz zawilgocenie powierzchni gruntów oraz poziom zwierciadeł wód gruntowych.

Zlewnia drogowa to obszar, z którego wody spływają do ścieków i rowów przydrożnych. Granicami zlewni jest oś jezdni w przypadku spadku daszkowego lub krawędź jezdni bądź pobocza w przypadku jednostronnego pochylenia poprzecznego oraz linie wododziałów przebiegające w zależności od ukształtowania terenu i obecności terenowych cieków wodnych.

W obszar zlewni wchodzi: połowa lub cała szerokość jezdni, pasy dzielące, chodniki, drogi rowerowe, pasy parkingowe usytuowane wzdłuż jezdni, zatoki autobusowe, pobocze, pas zajęty przez rów lub ściek, skarpy nasypu lub wykopu oraz przyległy teren określony na mapach z uwzględnieniem wododziałów. W zależności od ukształtowania terenu i obecności cieków wodnych w obszarze zlewni drogowych występować mogą zlewnie potoków, rowów przydrożnych, ścieków bądź rowów stokowych rys. 3.1.



Rys. 3.1. Zlewnie drogowe [8].

### 3.3 Retencja i jej rodzaje

**Retencja** – czasowe zatrzymanie opadu atmosferycznego w obszarze zlewni w zbiornikach, ciekach, nierównościach terenu, śniegu i lodowcach. Ze względu na przyczynę powstawania rozróżnia się następujące rodzaje retencji:

- **śniegową** polegającą na zatrzymaniu wody opadowej w postaci stałej czyli śniegu,
- **lodową** polegającą na zatrzymaniu wody opadowej w postaci stałej jako narastającej warstwy lodowca,
- **powierzchniową** powstającą w wyniku zatrzymania wody opadowej w nierównościach powierzchni terenu,
- **zbiornikową** powstającą na skutek zatrzymania wody w zbiornikach naturalnych (jeziorach lub stawach) lub zbiornikach sztucznych w okresie, gdy wielkość dopływu jest większa od wielkości odpływu z tego zbiornika i powoduje podniesienie się w nim zwierciadła wody,

- **koryt rzecznych i terenów zalewowych** powstającą w podobny sposób jak zbiornikowa, tyle że funkcję zbiornika spełnia koryto rzeczne lub tereny do niego przylegające zalewane okresowo przy podwyższonym stanie wód,
- **gruntową** będącą zatrzymaniem wody opadowej w wolnych przestrzeniach pomiędzy ziarnami gruntu podczas infiltracji, aż do momentu dopływu do cieków w postaci wysięków lub źródeł oraz
- **szaty roślinnej, glebową,**
- **retencja kanałowa** – w rurach kanalizacyjnych.

Zdolność zatrzymywania wody opadowej na obszarze zlewni nazywa się **zdolnością retencyjną zlewni** mającą wpływ na odpływ, parowanie i retencję. Zdolność retencyjna zlewni zależy od następujących czynników:

- rzeźby terenu, a w szczególności od spadków podłużnych i poprzecznych terenu na obszarze zlewni,
- rodzaju gruntów - przepuszczalne (żwir, piasek, spękane twarde skały) i nieprzepuszczalne (głina, ił, skała twarda niespękana),
- rodzaju roślinności (las, łąka),
- obecność naturalnych lub sztucznych zbiorników wody.

### 3.4 Określenie odpływu ze zlewni

**Współczynnik spływu  $\psi$**  jest wielkością charakterystyczną dla każdej zlewni. Iloczyn wielkości zlewni i współczynnika spływu nazywany jest zlewnią zredukowaną, a sam współczynnik wyraża stosunek ilości wody deszczowej, która spłynie z danej powierzchni, do ilości, która spadła na tę powierzchnię wg wzoru:

$$\psi = \frac{Q_{sp}}{Q_{op}} < 1 \quad (3.8)$$

gdzie:

- $\psi$  - współczynnik spływu,
- $Q_{sp}$  - wielkość spływu z danej powierzchni [ $\text{dm}^3/\text{s}$ ],
- $Q_{op}$  - wielkość opadu na daną powierzchnię [ $\text{dm}^3/\text{s}$ ].

Powyższą zależność tłumaczy się tym, że część wody deszczowej wsiąka w teren zlewni, a część wyparowuje od razu przy zwilżaniu nagranych powierzchni albo po zakończeniu deszczu (wysychanie powierzchni zwilżonej). Wartość współczynnika spływu  $\psi$  zależy od takich czynników, jak:

- rodzaj pokrycia terenu,
- czas trwania deszczu,
- natężenie deszczu,
- pochyłość terenu,

- budowa geologiczna wierzchnich warstw,
- początkowy stan wilgotności powierzchni,
- ciepłota powierzchni.

Największy wpływ na wartość współczynnika spływu  $\psi$  ma rodzaj pokrycia powierzchni i dlatego w praktyce najczęściej jest ona od niego uzależniana. Wielkość spływu może być przeanalizowana na podstawie planu zagospodarowania terenu, który określa dla poszczególnych zlewni cząstkowych udział zabudowy, powierzchni komunikacyjnych (i ich sposób pokrycia lub umocnienia) oraz zieleni. Współczynnik spływu nie jest natomiast zależny od wysokości zabudowy.

#### **Dane do obliczania wielkości spływów**

Urządzenia odwadniające drogę muszą być w stanie odprowadzić spływające w normalnych warunkach wody opadowe bez wystąpienia szkód w obrębie drogi oraz przyległego terenu. Warunkiem prawidłowego zwymiarowania urządzeń odwadniających jest znajomość wielkości spływu opadów z odwadnianej powierzchni. Ilość wód opadowych do odprowadzenia jest różna i zależy od wielkości, rodzaju i udziału powierzchni szczelnych. Również rodzaj gruntu, rodzaj roślinności oraz ukształtowanie powierzchni odgrywają tu znaczną rolę. Poza tym wpływ na przebieg spływu wód opadowych ma również czas trwania oraz intensywność deszczu.

#### **Wielkość spływów z powierzchni utwardzonych**

Do obliczenia spływu z powierzchni komunikacyjnych konieczna jest znajomość z projektu drogowego wielkości powierzchni o różnych współczynnikach spływu (nawierzchnie asfaltowe, tłuczniowe, tereny zielone), kształt zlewni (zlewnia wydłużona – drogi, symetryczna – parkingi, MOP'y), przebiegu trasy w przekroju podłużnym (wykopy i nasypy), długości drogi odpływu, czas odpływu oraz usytuowania odbiornika wód opadowych np. kanału deszczowego, rowu przydrożnego lub zbiornika wodnego (naturalnego lub sztucznego).

#### Dane wyjściowe do obliczenia ilości spływów opadowych:

- natężenie i prawdopodobieństwo pojawienia się deszczu,
- współczynniki spływu,
- czas trwania deszczu,
- wielkość i sposób uszczelnienia zlewni częściowych (tzn. elementów zlewni całkowitej stanowiących odrębne jednostki obliczeniowe),
- cieki wodne jako odbiorniki.

Ogólny wzór (3.9) do obliczania spływów deszczowych ma postać[9][11]:

$$Q = \varphi \cdot \psi \cdot q \cdot F \quad (3.9)$$

gdzie:

- $Q$  - natężenie spływu [ $\text{dm}^3/\text{s}$ ],
- $\varphi$  - współczynnik opóźnienia odpływu (mniejszy od 1),
- $\psi$  - współczynnik spływu (mniejszy od 1),
- $q$  - natężenie deszczu na jednostkę powierzchni (jednostkowe) [ $\text{dm}^3/(\text{ha} \cdot \text{s})$ ],
- $F$  - powierzchnia zlewni [ha].

Iloczyn  $q \cdot F$  oznacza ilość opadu, natomiast iloczyn  $\psi \cdot q \cdot F$  wyraża spływ z rozpatrywanej powierzchni  $F$ . Sposób stosowania współczynnika opóźnienia  $\varphi$  zależy od przyjętej metody obliczania ilości wód opadowych.

W zależności od rozmiarów zlewni oznacza się również współczynnik opóźnienia odpływu  $\varphi$  w tzw. wzorach pierwiastkowych na określenie przepływów w sieci. Współczynnik opóźnienia wg Bürkli-Zieglera ma postać [11]:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{F}} \quad (3.10)$$

gdzie:

- $\varphi$  – współczynnik opóźnienia odpływu,
- $F$  – powierzchnia zlewni [ha],
- $n$  – współczynnik zależny od spadku i ukształtowania powierzchni.

**Metody obliczania wielkości spływów** wymagają wyznaczenia wielkości spływów z odwadnianych powierzchni, w tym obliczeń parametrów.:

- prawdopodobieństwo pojawienia się deszczu,
- czas trwania deszczu,
- natężenie deszczu miarodajnego,
- powierzchnia zlewni cząstkowych (tzn. jednostek obliczeniowych),
- oraz współczynniki spływu dla występujących w projekcie powierzchni.

Do obliczenia wielkości spływów zaleca się stosować następujące metody:

- metodę stałych natężeń deszczu,
- metodę natężeń granicznych,
- metodę graficzną Vicari-Hauffa,
- metodę współczynnika opóźnienia odpływu i zmiennego współczynnika spływu.

**Metoda stałych natężeń deszczu** – metoda skrócona stosowana zazwyczaj w projektach wstępnych przy obliczaniu sieci deszczowej, wykorzystująca zależność między natężeniem deszczu i powierzchnią zlewni. Czas deszczu

przyjmuje się równy czasowi przepływu przez kanał wyznaczając na podstawie znanej długości kanału i przeciętnej prędkości przepływu przez kanał.

**Metoda natężeń granicznych** polega na określeniu dla każdego punktu sieci deszczu miarodajnego i jego parametrów: czasu trwania i natężenia. Maksymalne natężenie deszczu oblicza się na podstawie wyznaczonego czasu trwania deszczu miarodajnego, jako sumę trzech składowych:

- czasu przepływu od początku kanału do rozpatrywanego punktu obliczeniowego,
- czasu dopływu do kanału,
- oraz czasu retencji kanałowej.

Czas trwania deszczu miarodajnego spełnia jednocześnie rolę współczynnika opóźnienia poprzez uwzględnienie retencji powierzchniowej i kanałowej. Sieć kanalizacyjną liczy się tylko w węzłach, a nie w każdym jej punkcie. Wartości obliczone w węzłach są miarodajne dla całego odcinka powyżej rozpatrywanego węzła, aż do węzła następnego.

**Metodę graficzną Vicari-Hauffa** stosuje się do wyznaczania wielkości przepływu i sprawdzania sieci już zaprojektowanych lub wybudowanych wyznaczając przepływy dla poszczególnych odcinków sieci przyjmując czas trwania deszczu oraz odpowiadające mu natężenie deszczu.

**Metody współczynnika opóźnienia odpływu i zmiennego współczynnika spływu.** Metody wykorzystujące współczynnik opóźnienia odpływu i zmienny współczynnik spływu zakładające przyjęcie do obliczeń rzeczywistego natężenia deszczu zaobserwowanego na rozpatrywanym terenie - czas trwania oraz częstotliwość pojawienia się deszczu.

**Metoda współczynnika opóźnienia odpływu** wyznacza największy przepływ przy założeniu, że czas przepływu przez wymiarowaną sieć jest równy czasowi trwania deszczu.

**Metoda zmiennego współczynnika spływu** opiera się na obserwacjach wielkości przepływu w kanalizacji (spływu ze zlewni) przy uwzględnieniu teoretycznych zależności zachodzących podczas spływu opadu. Uwzględniające różniące się lub zmienne w czasie a wpływające na wynik obliczeń czynniki miejscowe takie, jak: warunki gruntowe, ukształtowanie powierzchni terenu i jego spadki, wielkości powierzchni umocnionych, udział wsiąkania i parowania wód opadowych oraz nawodnienie wywołane przez deszcz występujący bezpośrednio przed rozpatrywanym opadem.

Wszystkie ustalenia są tylko przybliżeniem, a żadna metoda nie może zagwarantować absolutnego bezpieczeństwa. Dlatego zaleca się w uzasadnionych przypadkach, wykonać obliczenia według dwóch metod w celu uwiarygodnienia obliczeń gwarantujących bezpieczeństwo wymiarowanej



budowli hydrotechnicznych. Obliczenia wielkości spływów powinny być wykonane zgodnie z zaleceniami zawartymi w opracowaniach: [8][11][45][52][53].

### **3.5 Wody podziemne.**

Wody podziemne [21] są to wszystkie rodzaje wód występujących pod powierzchnią ziemi. Podział wód wynika z zastosowanych kryteriów, w tym m.in.:

#### **1. genezy**

- wody infiltracyjne, pochodzące z wsiąkania wód opadowych,
- wody kondensacyjne, utworzone wskutek skraplania pary wodnej zawartej w gruncie,
- wody juwenilne, wytworzone podczas krystalizacji magmy (w ostatnim etapie)
- wody reliktowe, stanowiące ślady dawnych epok geologicznych, np. paleozoicznych mórz, zamkniętych w głębi ziemi wskutek gwałtownych ruchów tektonicznych,

#### **2. powiązania ze skałami;**

##### **a) wody związane:**

- chemicznie, w tym krystalizacyjne lub zeolityczne, czyli wchodzące w sieć krystaliczną minerałów, np. gipsu ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ),
- fizycznie, czyli przylegające do cząstek gruntu siłami przyciągania międzycząsteczkowego lub van der Waalsa i tworzące na cząstce gruntu pojedyncze granulki (wody higroskopowe) lub wręcz jednolitą otoczkę wodną (wody błonkowate),

**b) wody częściowo związane** – wody kapilarne, na tyle silne, aby oderwać się od cząstki gruntu i jednocześnie tak słabe, by nie móc opadać grawitacyjnie w postaci wody wolnej, lecz - ciągle przy dużej pomocy oddziaływań międzycząsteczkowych - przylegać do cząstek gruntu i wbrew siłom grawitacji wznosić się w górę,

**c) wody wolne** – swobodnie przesączające się grawitacyjnie w dół i gromadzące się w obrębie warstwy wodonośnej. Ze względu na charakter gruntów występujących w stropie warstwy wodonośnej wody te dzielimy

- wody o swobodnym zwierciadle, gdy w stropie warstwy wodonośnej występują utwory przepuszczalne (piaski, żwiry), umożliwiające swobodne ustalenie się poziomu wody w zależności od intensywności opadów i wzrostu lub spadku zasobów wodnych,
- wody o zwierciadle napiętym, gdy strop warstwy wodonośnej stanowią utwory nieprzepuszczalne (iły, gliny), uniemożliwiające swobodną regulację poziomu wody i powodujące, że w miarę dopływu wód nabiera on większego ciśnienia, a dopiero po przewierceniu nieprzepuszczalnej warstwy

możliwe jest wyrównanie ciśnienia wody do wartości ciśnienia atmosferycznego, co objawia się gwałtownym podniesieniem poziomu wody w otworze wiertniczym do tzw. zwierciadła ustabilizowanego,

**3. strefy hydrogeologicznej:**

- wody występujące powyżej zwierciadła wód podziemnych, czyli w strefie aeracji (napowietrzenia), jak np.: wody zawieszane na soczewce utworów nieprzepuszczalnych,
- wody występujące poniżej zwierciadła wód podziemnych, czyli wody wolne zgromadzone w strefie saturacji (nawodnienia), np. wody infiltracyjne (wsiąkowe), przechodzące bez przeszkód przez strefę aeracji aż do strefy saturacji,

**4. sposobu migracji;**

- wody szczelinowe, krążące w szczelinach wytworzonych w obrębie zwartych masywów skalnych,
- wody porowe, poruszające się w przestrzeniach międzyziarnowych,
- wody krasowe, wykorzystujące korytarze i groty powstałe w procesach krasowych,

**5. głębokości występowania;**

- wody przypowierzchniowe (zaskórne), występujące tak blisko powierzchni Ziemi, że sięgają do nich korzenie roślin,
- wody gruntowe, oddzielone od powierzchni terenu strefą aeracji o miąższości do kilkudziesięciu metrów,
- wgłębne, oddzielone od powierzchni jedną warstwą utworów nieprzepuszczalnych,
- głębinowe, oddzielone od powierzchni co najmniej dwiema warstwami utworów nieprzepuszczalnych,

**6. temperatury;**

- wody zimne (o temperaturze poniżej 20°C),
- wody termalne (o temperaturze powyżej 20°C), w tym:
  - hipotermalne (20-35°C),
  - homeotermalne (35-40°C),
  - hipertermalne (>40°C),

**7. mineralizacji;**

- wody zwykłe, czyli zawierające mniej niż 0,1g soli w 1dm<sup>3</sup> wody, w tym wody:
  - ultrasłódkie (sucha pozostałość <0,1 g/ dm<sup>3</sup>),
  - słodkie (sucha pozostałość 0,1 ÷ 0,5 g/ dm<sup>3</sup>),
  - aktratopegi (sucha pozostałość 0,5 ÷ 1,0 g/dm<sup>3</sup>),
- wody mineralne, w tym również lecznicze, zawierające ponad 1,0 g soli w 1 dm<sup>3</sup> wody, a skrajnie nawet 400 g/dm<sup>3</sup>.

Wody podziemne mają istotny wpływ na odwodnienie liniowych obiektów drogowych. W tablicy 3.3 przedstawiono ogólną klasyfikację wód podziemnych

uwzględniającą: strefę jej występowania, typ (rodzaj wody), stan fizyczny oraz rodzaje.

**Tablica 3.3. Klasyfikacja wód podziemnych [21].**

Strefa	Typy	Stan fizyczny	Rodzaje
aeracji	wody higroskopijne wody błonkowe wody kapilarne	wody związane	
	wody wsiąkowe wody zawieszane	wody wolne	wody warstwowe wody szczelinowe wody kreowe
saturacji	wody przypowierzchniowe wody gruntowe wody wgłębne wody głębinowe		

W terminologii inżynierskiej określeniem wody gruntowe nazywa się każdą wolną wodę podziemną.

### **3.6 projektowanie cieków otwartych**

#### **3.6.1 Dane do wymiarowania cieków .**

Urządzenia odwadniające drogę muszą odprowadzić spływające w normalnych warunkach wody opadowe bez wystąpienia szkód w obrębie drogi i przyległego terenu. Warunkiem prawidłowego zwymiarowania urządzeń odwadniających jest znajomość wielkości spływu opadów z odwadnianej powierzchni określonej według zaleceń zawartych w punktach 3.1 ÷ 3.4. W szczególności należy określić następujące parametry:

- Wielkość spływu z dróg i ulic określoną ze wzoru (3.9).
- Prawdopodobieństwo pojawienia się opadów na danej drodze według zaleceń zawartych w RMTiGM [53]:
  - a)  $p = 10\%$  - na drodze klasy A lub S,
  - b)  $p = 20\%$  - na drodze klasy GP,
  - c)  $p = 50\%$  - na drodze klasy G lub Z,
  - d)  $p = 100\%$  - na drodze klasy L lub D.

Wartość współczynnika spływu  $\psi$  (pkt. 3.4) według wymagań zawartych w normie PN-S-02204 „Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg”[45]:

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

- dla korony jezdni 0,90
- dla chodników 0,85
- dla pozostałych obszarów w pasie drogowym:
  - dla pochylenia terenu  $i < 5\%$  0,70
  - dla pochylenia terenu  $i > 5\%$  0,80
  - dla skarp o  $i > 10\%$  0,90
- dla obszarów poza pasem drogowym (małe zlewnie):
  - dla zlewni o glebach łatwo przepuszczalnych 0,55
  - dla zlewni o glebach nieprzepuszczalnych 0,70
  - dla zlewni o stromych stokach ( $i > 10\%$ ) 0,85

Norma podaje również procedurę postępowania w dla zlewni składającej się z obszarów o zróżnicowanym współczynniku spływu. Wartość tego współczynnika zwanego zastępczym współczynnikiem spływu  $\psi_z$  wyznaczamy wówczas z wzoru 3.11:

$$\psi_z = \frac{\sum_i F_i \cdot \psi_i}{F} \quad (3.11)$$

$$F = \sum_i F_i \quad (3.12)$$

$F_i$  – powierzchnia obszaru nr „i” o jednorodnej wartości współczynnika spływu,  $\psi_i$  – wartość współczynnika  $\psi$  w obszarze nr „i”.

**Tablica 3.4. Wartości współczynnika spływu dla  $\psi$  różnego rodzaju nawierzchni dróg według [11].**

Rodzaj powierzchni	$\psi$
Drogi bitumiczne	0.85-0.90
Bruki kamienne i klinkierowe	0.75 – 0.85
Bruki kamienne i klinkierowe bez zalanych spoin	0.50 – 0.70
Bruki gorsze bez zalanych spoin	0.40 – 0.50
Drogi tłuczniowe	0.25 – 0.60
Drogi żwirowe	0.15 – 0.30
Powierzchnie niebrukowane	0.10 – 0.20
Parki, ogrody, łąki, zieleńce	0.00 – 0.10

### 3.6.2 Obliczenie wielkości przepływu w cieku

Wielkość przepływu w cieku otwartym wyznacza się według wzoru (3.13) [11]

$$Q = F \cdot v \quad (3.13)$$

$Q$  – przepływ [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],  
 $F$  – pole powierzchni czynnego przekroju [ $\text{m}^2$ ],  
 $v$  – średnia prędkość przepływu w cieku [ $\text{m/s}$ ].

$$v = k_{st} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I_E^{\frac{1}{2}} \quad (3.14)$$

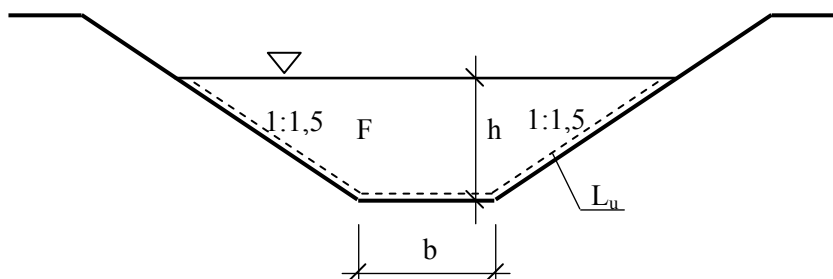
$k_{st}$  – współczynnik chropowatości cieku zależny od umocnienia jego dna i ścian,  
 $I_E$  – spadek podłużny dna cieku,  
 $R_h$  – promień hydrauliczny, według wzoru 3.14.

Tablica 3.5. Wartości współczynnika  $k_{st}$  według [11].

Rodzaj cieku	Sposób umocnienia dna i ścian cieku	$k_{st}$
Muldy	Kształtki betonowe	30-50
	Trawa	20 - 30
	Tłuczeń, żwir	25 - 30
	Brukowanie kamieniem łamanym	40 - 50
Kanały ziemne	Drobny piasek z dodatkiem gliny lub iłu, żwir	50
	Żwir gruboziarnisty	35
	Gлина zwałowa	30
	Piasek, żwir i glina silnie porośnięte	20 - 25
	Dno z piasku lub żwiru a skarpy brukowane	45 - 50

$$R_h = \frac{F}{L_u} \quad (3.15)$$

$L_u$  – obwód zwilżony [m],  
 $F$  – pole powierzchni czynnego przekroju [ $\text{m}^2$ ].



Rys.3.2. Przekrój poprzeczny rowu do obliczeń hydraulicznych według [11].

### 3.7 Projektowanie ciągów drenarskich

Projektowanie ciągów drenarskich polega na wyznaczeniu potrzebnych średnic oraz ich spadków podłużnych [11].

#### 3.7.1 Projektowanie średnicy drenu.

Do wyznaczenia wartości średnic projektowanego drenażu niezbędna jest znajomość ilości wody, która ma nim spływać. Ilość ta zależy od następujących czynników:

- warunków klimatycznych (średni roczny opad),
- rodzaju gruntów,
- spadków terenu,
- dopływu wód obcych.

Jednostkowe wartości spływu  $q_0$  dla warunków polskich przy spadkach terenu poniżej 3% przedstawione zostały w tabelicy 3.6.

**Tabela 3.6. Jednostkowe wartości spływu  $q_0$  dla warunków polskich przy spadkach terenu poniżej 3 % według [8][11].**

Średni roczny opad	Grunty ciężkie i średniozwięzłe o zawartości cząstek do 0,01 mm powyżej 30%		Grunty średnioziarniste i lekkie o zawartości cząstek do 0,01 mm poniżej 30%		
	[mm]	[dm <sup>3</sup> /(s·ha)]	[m <sup>3</sup> /(dobę·m <sup>2</sup> )]	[dm <sup>3</sup> /(s·ha)]	[m <sup>3</sup> /(dobę·m <sup>2</sup> )]
poniżej 600		0,50	0,0043	0,60	0,0052
600 – 750		0,50 – 0,65	0,0043 – 0,0056	0,60 – 0,80	0,0052 – 0,0069
powyżej		0,65 – 0,80	0,0056 – 0,0069	0,80 – 1,00	0,0069 – 0,0086

Przy spadkach powyżej 3% można wartości zawarte w tabelicy 3.4 zmniejszyć maksymalnie o 20%.

Do obliczeń zakłada się, że ciąg drenarski będzie pracował bezcisnieniowo oraz, że całkowita ilość wody zostanie z powierzchni zlewni odprowadzona przez drenaż.

Wielkość splywu wyznacza się z następującej zależności:

$$Q = F \cdot q_0 \quad (3.16)$$

$Q$  – przepływ w ciągu drenarskim [m<sup>3</sup>/s],  
 $F$  – powierzchnia zlewni [m<sup>2</sup>],  
 $q_0$  – spływ jednostkowy [dm<sup>3</sup>/(s·ha)].

Średnicę drenu wyznacza się z wzoru:

$$D = \frac{0,36\sqrt{F^2 \cdot q_0^2}}{C^{\frac{2}{5}} \cdot I^{\frac{1}{5}}} \quad (3.17)$$

Oznaczenia:

$D$  – średnica drenu [m],  
 $F$  – powierzchnia zlewni [m<sup>2</sup>],  
 $q_0$  – spływ jednostkowy [dm<sup>3</sup>/(s·ha)],  
 $C$  – współczynnik oporu koryta [m<sup>0.5</sup>/s],  
 $I$  – spadek drenu.

Współczynnik oporu koryta można wyznaczyć ze wzoru:

$$C = \frac{50\sqrt{D}}{m + 0,5\sqrt{D}} \quad (3.18)$$

$D$  – średnica drenu [m],  
 $m$  – współczynnik szorstkości, zazwyczaj przyjmuje się  $m = 0,3$ .

Ponieważ do obliczenia  $C$  potrzebna jest znajomość  $D$  wyznaczenie średnicy wykonuje się metodą kolejnych przybliżeń.

### **3.7.2 Ograniczenia w projektowaniu spadku drenu.**

Przy projektowaniu ciągów głównych należy tak dobierać spadki drenu, aby w miarę splywu wód w dół sieci, jej prędkość nie ulegała zmniejszeniu. Przy całkowitym napełnieniu minimalna prędkość przepływu powinna wynosić 0,35

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

*m/s*. Za dopuszczalną górną granicę prędkości przepływu w ciągu drenarskim przyjmuje się *1,0 m/s*.

Zagrożenia wynikające z nieprzestrzegania minimalnych i maksymalnych spadków drenów:

- przy małych spadkach prędkość przepływu w ciągu drenarskim zmierza do minimalnej, co może prowadzić do zamulania drenu i w konsekwencji do złego funkcjonowania drenażu,
- przy dużych spadkach prędkość przepływu w ciągu drenarskim osiąga znaczne wartości, co może prowadzić do podmycia i zapadania się drenów.

Wartości minimalnych i maksymalnych spadków drenów przedstawione zostały w tabeli 3.7.

**Tabela 3.7. Wartości minimalnych i maksymalnych spadków drenów według [11]**

Średnica drenu	Spadek minimalny		Spadek maksymalny
	Gliny i ropy	Grunty pyłowe	
[mm]	[‰]	[‰]	[‰]
50	3,5	13,0	100
75	3,0	7,0	55
100	3,0	4,5	36
125	3,0	3,3	26
150	3,0	3,0	20
175	3,0	3,0	16
200	3,0	3,0	13
250	3,0	3,0	10

### 3.7.3 Głębokość ułożenia drenu

Minimalna głębokość ułożenia drenu powinna uwzględniać normową głębokość przemarzania.

Należy również mieć na uwadze wymogi § 105 p.3.2 Rozporządzenia [53]. Jeżeli poziom wody gruntowej nie zapewnia wymaganej odległości min. 1,0 m od spodu konstrukcji należy wyliczyć posadowienie drenu zapewniające odpowiednią krzywą depresji wg p.5.3.1.



## **4 ODWODNIENIE POWIERZCHNIOWE DRÓG I ULIC**

### **4.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem opracowania są zalecenia dotyczące stosowania i wykonania elementów odwodnienia powierzchniowego takich jak: rowy i muldy, ścieki uliczne otwarte i kryte oraz zbiorniki retencyjne, zapewniających właściwe odprowadzenie wód z pasa drogowego.

Zalecenia dla przepustów stanowiących również element odwodnienia powierzchniowego zawiera Zeszyt 3: „Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli, przejść podziemnych i przepustów”.

### **4.2 Muldy i rowy**

Zgodnie z Rozporządzeniem MTiGW z dnia 2 marca 1999r. [53] jako standardowe rozwiązanie odwodnienia powierzchniowego pasa drogowego oraz przyległego do niego terenu na obszarach niezabudowanych zaleca się stosowanie rowów przydrożnych zarówno otwartych jak i krytych.

#### **4.2.1 Określenia podstawowe**

**Mulda przydrożna (podłużna)** – powierzchnia rozciągająca się wzdłuż pobocza drogi lub skarpy nasypu, bądź wykopu; która w przekroju poprzecznym muldy ma charakter płytkiego ziemnego wykopu.

**Rów otwarty (opływowy, trójkątny, trapezowy)** – otwarty wykop o głębokości powyżej 30 cm, który zbiera i odprowadza wodę.

**Rów kryty** – rów oddzielony od powierzchni ziemi przykryciem na całej swej długości.

**Rów przydrożny** – rów zbierający wodę z korpusu drogi.

**Rów odpływowy** – rów odprowadzający wodę poza pas drogowy; łączy rów przydrożny lub stokowy z odbiornikiem wód opadowych.

**Rów stokowy** – rów zbierający wodę spływającą ze stoku.

**Rów trawiasty** – rów z warstwą próchniczną (humusową) o grubości, co najmniej 20 cm w podłożu, tj. na powierzchni skarp i dna, oraz z darniową pokrywą trawiastą.

**Rów szczelny** – rów z nieprzepuszczalną warstwą w podłożu pozwalającą na odprowadzenie wód opadowych do gruntu.

**Rów infiltracyjny** – rów z filtracyjną warstwą w podłożu.

**Bystrotok** – odcinek rowu o zwiększonym pochyleniu dna ukształtowanym w sposób rozpraszający energię kinetyczną spływającej wody.

**Kaskada** – sztuczny wodospad z jednym lub większą ilością stopni o wysokości do 50 cm wykonywany w ciągu rowu.

#### **4.2.2 Muldy i rowy otwarte**

Do otwartych urządzeń składowych odwodnienia powierzchniowego podłużnego zalicza się:

- muldy,
- rowy opływowe,
- rowy trójkątne,
- rowy trapezowe,
- rowy stokowe,
- rowy odpływowe.

Zaleca się stosowanie pochylenia niwelety dna muldy i rowu większego od 0,50%. Wyjątkowo dopuszcza się pochylenie dna rowu nie mniejsze niż 0,20% na terenie płaskim oraz pochylenie nie mniejsze niż 0,10% na terenie płaskim o gruntach przepuszczalnych i na odcinkach wododziału.

Dla rowów, dla których prędkość przepływu wody w rowie  $v > 0,2$  m/s zaleca się [45] przyjmować odpowiednie umocnienia skarp i dna (pkt. 4.5.1).

W zależności od sposobu umocnienia, bądź nie umocnienia dna rowu i skarp zaleca się stosować największe dopuszczalne wartości spadków podłużnych przedstawione w tablicach 4.1 i 4.2.

**Tablica 4.1. Wartości największych spadków podłużnych dla rowów o nie umocnionych skarpach i dnie według [45].**

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

**Tablica 4.2 Wartości największych spadków podłużnych dla rowów o umocnionych skarpach i dnie według [45].**

Rodzaj umocnienia	Największe pochylenie podłużne
mata trawiasta	2,0 %
darnina	3,0 %
faszyna	4,0 %
bruk na sucho	6,0 %
elementy betonowe	10,0 %
bruk na podsypce cementowo-piaskowej o grubości minimalnej 20 cm z wypełnieniem spoin zaprawą cementową 1:2	15,0 %

Dla rowów o obliczeniowym spadku podłużnym większym od 15,0 % należy stosować kaskady i bystrotoki.

Zwierciadło wody płynącej rowem nie powinno przekraczać wysokości jego niższej krawędzi górnej.

Wyloty projektowanych w konstrukcji nawierzchni drogowej drenów, sączków i warstwy odsączającej nie mogą być zatapiane przez wodę w rowie. Zaleca się projektować niweletę dna rowu tak, aby poziom dna rowu znajdował się, co najmniej 20 cm, a na odcinku wododziału nie mniej niż 10 cm poniżej poziomu wylotu sączka, drenu, warstwy odsączającej.

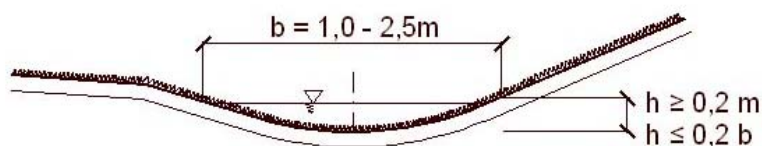
Należy zwrócić uwagę na konstrukcję i zabezpieczenie rowu przydrożnego w przypadku wysokich nasypów i głębokich wykopów. Wspólne skarpy z rowem łatwo podlegają zjawiskom niszczącym takim jak: podmywanie, erozja, upłynnienie gruntu, osuwanie. Przy skarpach wyższych niż 4,0m zaleca się dół skarpy w rejonie rowu umocnić lub zastosować półkę szerokości min. 1,0 m.

#### **4.2.2.1 Muldy**

##### Zakres stosowania i wymagania

Zaleca się stosować muldy przydrożne jako elementy odwodnienia dróg klas A, S, GP przebiegających w wykopie.

Należy tak projektować niweletę dna muldy, aby była równoległa do krawędzi jezdni.



Rys. 4.1. Mulda trawiasta wykonana z humusu obsianego trawą.

Muldy powinny charakteryzować się następującymi parametrami:

- szerokością od 1,0 m do 2,5 m,
- głębokością minimalną 0,2 m; przy czym głębokość muldy nie powinna przekraczać 20% jej szerokości,
- w celu zabezpieczenia przed erozją zaleca się umocnienia dna muldy z trawy w matach lub rolkach ułożonych na podłożu z gleby urodzajnej,
- w celu zwiększenia wsiąkania wód zaleca się np. wykonać pod muldą drenaż,
- w uzasadnionych przypadkach zaleca się wykonać uszczelnienie dna rowu.

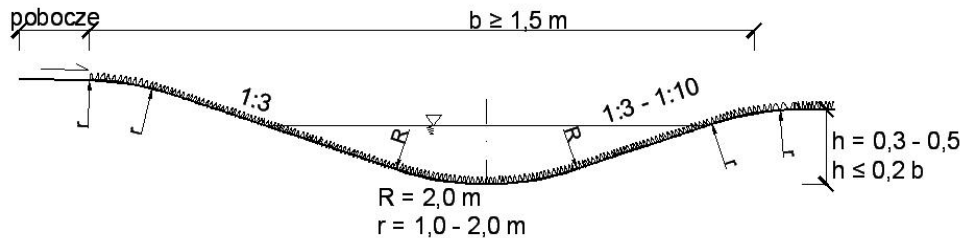
W celu zapewnienia odpływu wody z muldy oraz ochrony jej przed erozją należy stosować odpowiednie umocnienia dna muldy zależne od pochylenia podłużnego dna (pkt 4.5.1.)

#### 4.2.2.2 Rowy opływowe

##### Zakres stosowania i wymagania

Rowy opływowe stosuje się:

- na drogach klas A i S; dopuszcza się także na drogach klasy GP wyłącznie w wykopach,
- w wykopie (tam gdzie mulda jest niewystarczająca) przy krawędzi korony drogi jeżeli korpus drogi ma odwodnienie wgłębne lub jest wykonany z materiału nie wymagającego odwodnienia wgłębne,
- przy wysokości skarpy nasypu do 2,0m, gdy zachodzi potrzeba odprowadzenia wody, w wypadku nie stosowania skrajnej bariery ochronnej.



Rys. 4.2. Rów opływowy.

Rów opływowy należy wykonać:

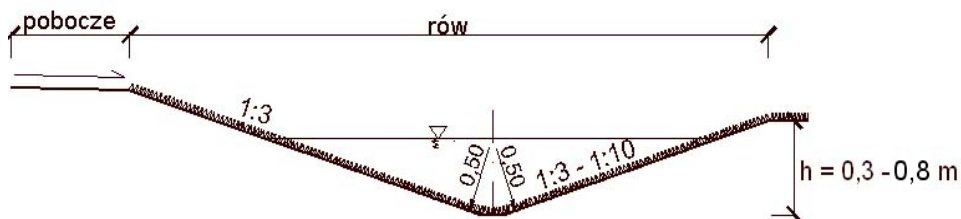
- o szerokości nie mniejszej niż 1,5 m,
- o głębokości od 0,30 m do 0,50 m; jako głębokość należy przyjmować różnicę pomiędzy poziomem dna rowu a poziomem niższej krawędzi górnej rowu; głębokość rowu opływowego nie powinna przekraczać 1/5 jego szerokości,
- z dnem wyokrąglonym łukiem kołowym o promieniu 2,0 m,
- krawędziami górnymi wyokrąglonymi łukami kołowymi o promieniu 1,0 m – 2,0 m,
- z nachyleniem skarpy wewnętrznej 1:3,
- z nachyleniem skarpy zewnętrznej 1:3 – 1:10.

#### 4.2.2.3 Rowy trójkątne

##### Zakres stosowania i wymagania

Rowy trójkątne zaleca się stosować:

- na drogach klas S i GP,
- w celu ułatwienia, utrzymania gdy wysokość skarpy nasypu lub wykopu jest mniejsza od 1,0 m.



Rys. 4.3. Rów trójkątny.

Rów trójkątny należy wykonać:

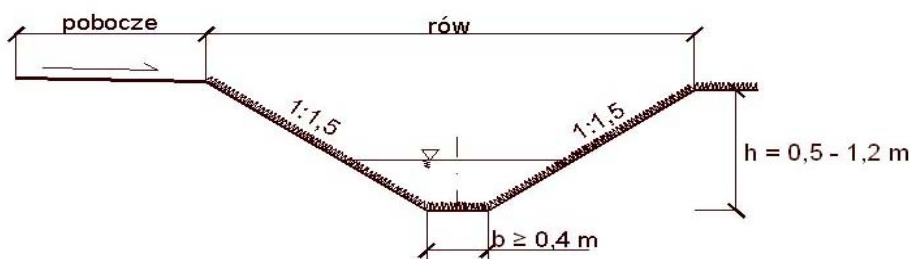
- o głębokości od 0,30m do 0,80 m; jako głębokość należy przyjmować różnicę pomiędzy poziomem dna rowu a poziomem niższej krawędzi górnej rowu,
- z dnem wyokrąglonym łukiem kołowym o promieniu 0,5 m
- z nachyleniem skarpy wewnętrznej 1:3,
- z nachyleniem skarpy zewnętrznej 1:3 – 1:10.

#### 4.2.2.4 Rowy trapezowe

##### Zakres stosowania i wymagania

Rowy trapezowe należy stosować:

- na drogach klas G, Z, L, D,
- na drogach A, S i GP dopuszcza się stosowanie rowów trapezowych jeżeli na krawędzi drogi przewiduje się lokalizację skrajnej bariery ochronnej.



Rys. 4.4. Rów trapezowy.

Rów trapezowy należy wykonać:

- o szerokości dna nie mniejszej niż 0,40m,
- o głębokości od 0,50 m do 1,20 m; jako głębokość należy przyjmować różnicę pomiędzy poziomem dna rowu a poziomem niższej krawędzi górnej rowu,
- z pochyleniem skarp nie większym niż 1:1,5.

Jeżeli górna część korpusu drogi odwadniana jest za pomocą drenów, bądź warstwy odsączającej dno rowu powinno być 0,20 m poniżej poziomu wylotu sącza, drenu, a na odcinku wododziału 0,10m. Poziom wody w rowie nie może przekraczać wysokości równej odległości wylotu drenu od dna rowu.

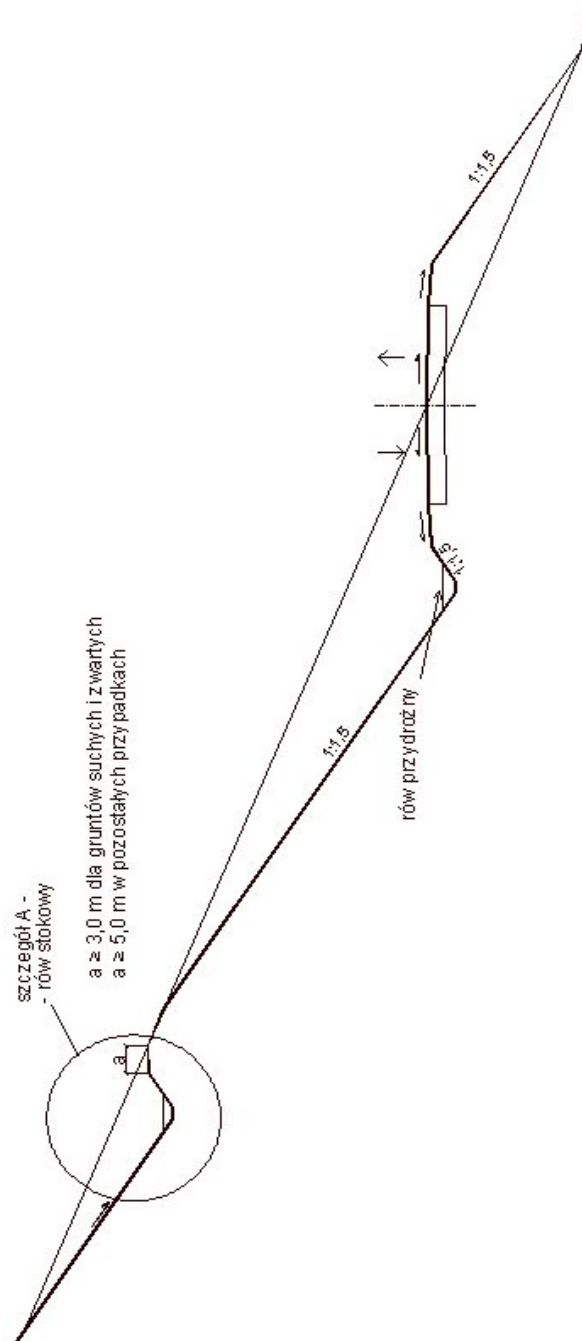
Na drogach dwujezdniowych wskazane jest przyjmowanie szerokości dna rowu 0,6 m, co pozwala na zwiększenie przepływu, infiltracji, przejmowania zawiesiny, umieszczania elementów betonowych korytek (rys. 4.24).

#### **4.2.2.5 Rowy stokowe**

##### Zakres stosowania i wymagania

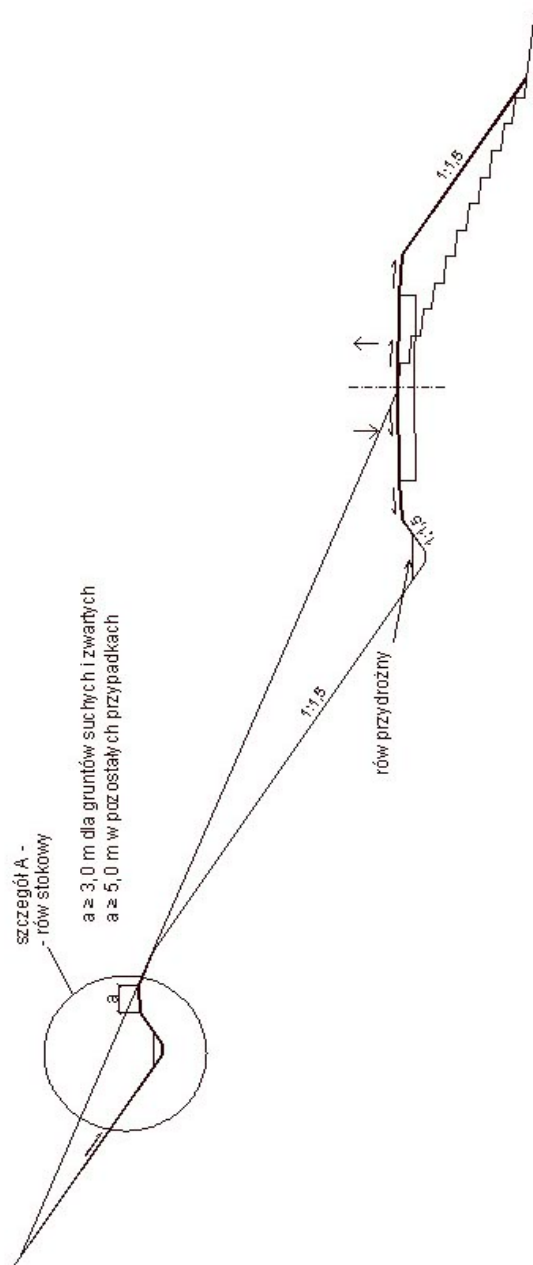
Rowy stokowe (rys. 4.5, rys.4.6) zaleca się stosować:

- 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 dopływających po zboczach z powierzchni zlewni terenowych.



Rys. 4.5. Lokalizacja rowu stokowego.





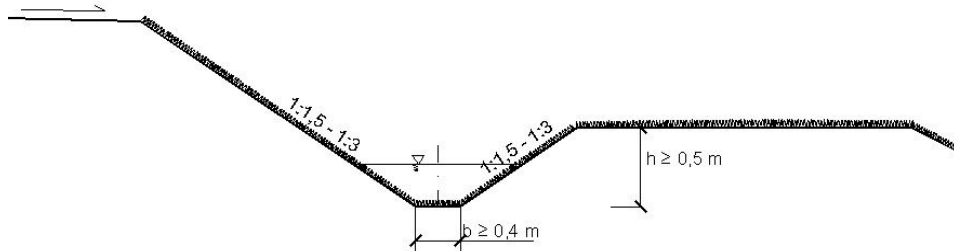
Rys. 4.6. Lokalizacja rowu stokowego.

Rów stokowy (rys. 4.7) należy wykonać jako rów trapezowy:

- o szerokości dna nie mniejszej niż 0,40 m,
- głębokości co najmniej 0,50 m,
- z pochyleniem skarp od 1:1,5 do 1:3.

Rów stokowy należy oddalić od krawędzi skarpy drogowej (rys. 4.5, rys. 4.6):

- o co najmniej 3,00 m przy gruntach suchych i zwartych,
- co najmniej 5,00 m w pozostałych przypadkach.



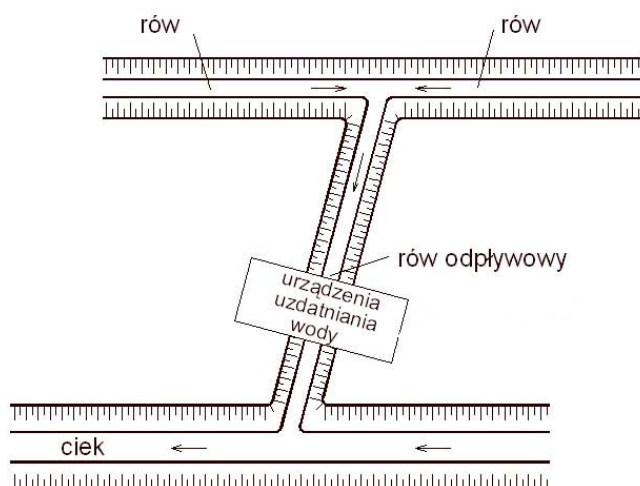
**Rys. 4.7. Rów stokowy – szczegół ‘A’ z rysunków 4.5 i 4.6.**

#### **4.2.2.6 Rowy odpływowe**

Rów odpływowy należy wykonać jako rów trapezowy:

- o szerokości dna nie mniejszej niż 0,40 m,
- głębokości minimalnej 0,50 m,
- skarpach o pochyleniu nie większym niż 1:1,5

Zaleca się, aby rów ten miał przebieg prostoliniowy. Załamania trasy należy wyokrąglać łukami kołowymi o promieniu, co najmniej 10,0 m.



Rys. 4.8. Połączenie rowu przydrożnego z odbiornikiem wód opadowych za pomocą rowu odpływowego.

#### 4.2.3 Rowy kryte

Rowy kryte zaleca się stosować w przypadku, gdy z powodu braku przestrzeni nie można wykonać rowów otwartych. Zaleca się stosować takie rozwiązanie w przypadku terenów zabudowanych nieskanalizowanych.

Rowy kryte zaleca się projektować z materiału nienasiąkliwego.

Zaleca się, aby:

- przekrój poprzeczny rowu krytego miał kształt: prostokątny, trapezowy, kołowy,
- spadek podłużny dna rowu nie był mniejszy niż 0,1%,
- rowy kryte o długości większej od 300,0 m wyposażone były w studzienki rewizyjne o minimalnym rozstawie – 200,0 m; wpusty deszczowe zaleca się stosować bezpośrednio nad rowem w rozstawie nie przekraczającym 50,0 m.

Stosując jako rozwiązanie projektowe rowy kryte należy zwrócić uwagę, iż zakrycie powoduje zmianę rowu w odpowiednik kanalizacji, co zwłaszcza przy długich odcinkach niekorzystnie wpływa na warunki wegetacji roślin i oczyszczania wody.

Rowy kryte mogą spełniać funkcje infiltracyjne przy zapewnieniu rozszczelnienia lub perforacji ich konstrukcji i obsypki z gruntu mineralnego łatwoprzepuszczalnego.

#### **4.2.4 Kaskady**

##### Zakres stosowania i wymagania

Kaskady zaleca się stosować [8][11][45]:

- gdy występują rowy, dla których wartość obliczeniowa spadku podłużnego przekracza 15,0%,
- w celu odprowadzenia wody z rowu stokowego,
- w obrębie skarpy do odprowadzenia wody z ujścia kanalizacji deszczowej o niewielkiej przepustowości lub pojedynczego wpustu deszczowego do rowu przydrożnego lub innego zbiornika rozwiązanie nie zalecane ze względu na możliwość rozmycia korytek a w konsekwencji skarpy.

Kaskada to konstrukcja powstała po wbudowaniu stopni w dnie rowu o znacznym pochyleniu.

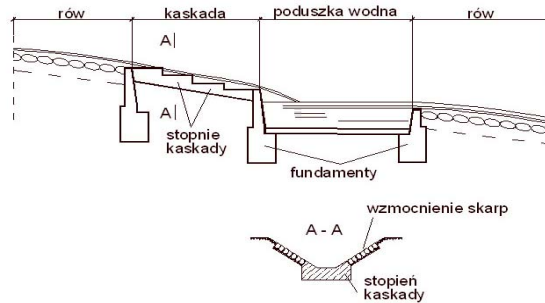
Ze względu na materiał użyty do wykonania konstrukcji rozróżniamy kaskady kamienne, bądź betonowe.

Zaleca się aby:

- wysokość stopnia kaskady nie przekraczała 0,50 m,
- szerokość stopnia kaskady wynosiła 0,30 m – 0,50 m,
- ścianki kaskady miały grubość od 0,20 m do 0,30 m,
- wartości pochyleń podłużnych dna rowu pomiędzy stopniami kaskady nie przekraczały wartości dopuszczalnych.

Szerokość dna może być stała lub zmienna. U spodu kaskady pojedynczej lub kaskady dolnej należy zaprojektować poduszkę wodną o gr 25 – 40 cm z fundamentem o grubości 0,35 m – 0,40 m.

Przy stopniu należy wzmacniać skarpy i dno rowu. Do wzmocnienia należy wykorzystać bruk lub płyty betonowe układane na podsypce cementowo-piaskowej (rys. 1 Załącznik 4).



Rys. 4.9. Rów z kaskadą.

Ilość stopni kaskad na danym odcinku uzależniona jest od wysokości kaskady  $h$  i różnicy spadków dna rowu  $\Delta i$ . Dla tych parametrów należy wyznaczyć odległość pomiędzy poszczególnymi stopniami kaskady na danym odcinku  $l$  (rys.4.10).

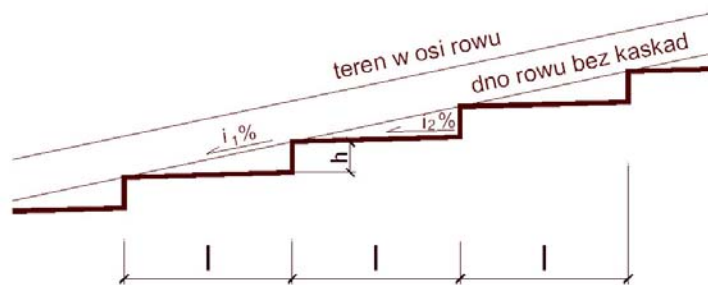
$$l = \frac{h}{\Delta i} = \frac{h}{i_1 - i_2} \quad (4.1)$$

gdzie:

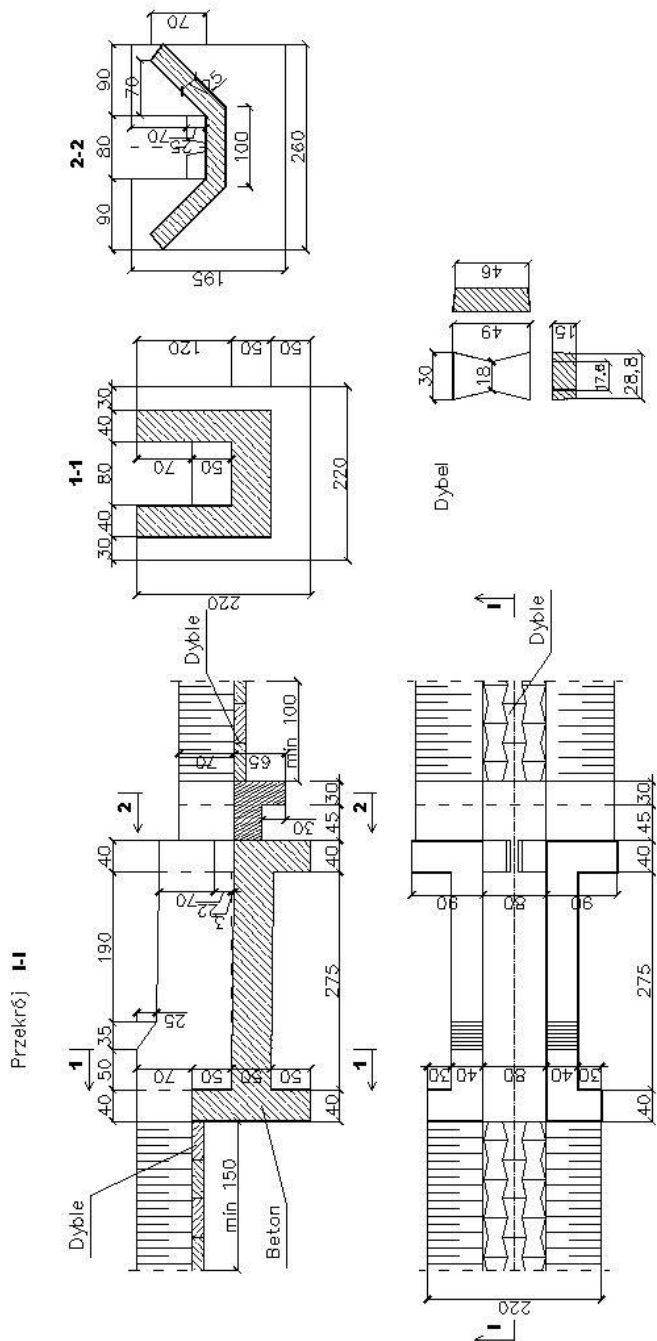
$h$  – wysokość stopnia kaskady,

$i_1$  – pierwotne pochylenie podłużne dna rowu dostosowane do pochylenia podłużnego terenu,

$i_2$  – przyjęte pochylenie podłużne pomiędzy projektowanymi kaskadami, wartość tego pochylenia nie może przekraczać dopuszczalnej wartości pochylenia dla danego sposobu umocnienia dna rowu.



Rys. 4.10. Schemat rozmieszczenia stopni w rowie z kaskadami.



Rys. 4.11. Kaskada betonowa

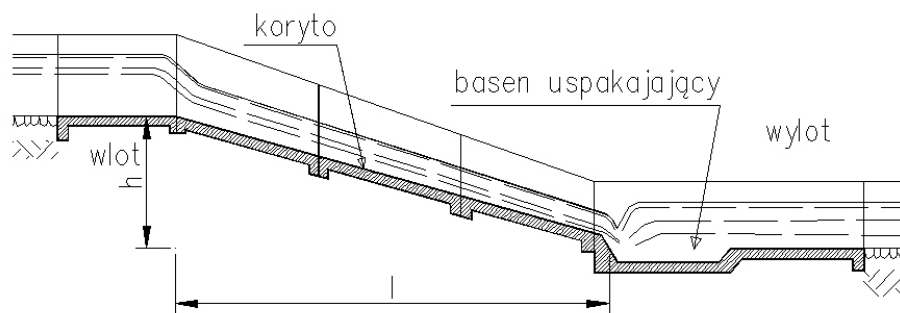
#### 4.2.5 Bystrotoki

##### Zakres stosowania i wymagania

W przypadku, gdy obliczeniowa wartość spadku podłużnego dna rowu drogowego przekracza 15,0 % zaleca się stosować kaskady, jednak ze względu na łatwość wykonania i niższe koszty można stosować zamiast kaskad bystrotoki [8]. Bystrotok to konstrukcja umożliwiająca przepływ wody z wyższego do niższego poziomu, stosowana np. w rowach o dużym pochyleniu podłużnym dna.

Konstrukcja bystrotoku powinna wykluczać możliwość rozmycia gruntu pod fundamentem. W bystrotoku różnica wysokości  $h \leq 2,0\text{m}$  powinna być rozłożona na pewnej długości  $l$  tak, aby pochylenie bystrotoku nie było większe niż 1:10.

U spodu bystrotoku należy wykonać poduszkę wodną.



Rys. 4.12. Bystrotok betonowy

Ze względu na materiały wykorzystywane do budowy bystrotoki dzielimy na kamienne i faszynowo-kamienne, betonowe.

Bystrotoki kamienne należy wykonać z bloków skalnych lub głazów kamiennych o minimalnych wymiarach 0,25 m x 0,35 m.

Bloki należy układać rębem na betonowej lub żelbetowej warstwie fundamentowej o grubości min. 0,30 m. Szczeliny należy wypełniać zaprawą cementową 1:2.

Można również stosować materace siatkowo kamienne, które układa się na podsypce.

### 4.3 Ścieki

Zaleca się stosowanie ścieków do odwodnienia następujących elementów pasa drogowego:

- jezdni, pas awaryjnego, utwardzonego pobocza, opasek, chodników, ścieżek rowerowych,
- pasa dzielącego,
- oraz odprowadzenia wody z krawędzi korony w wykopie skalistym lub przy ścianie oporowej.

Ścieki powinno się stosować:

- przy wysokości skarpy powyżej 2,0 m,
- przy ekranach akustycznych.

Wpusty na ściekach zaleca się stosować przed obiektami, przejazdami, wjazdami oraz w najniższych miejscach (po dwa).

Ścieki należy stosować jako standardowe rozwiązanie odwodnienia szczelnych nawierzchni drogowych na obszarach zabudowanych:

- w przekrojach ulicznych należy lokalizować je przy krawędzi jezdni jako ścieki przykrawężnikowe (rys. 4.13.),
- na placach postojowych należy lokalizować je przy zewnętrznej ich krawędzi jako ścieki przykrawężnikowe lub w pewnej odległości od tej krawędzi jako ścieki nawierzchniowe tzw. rynsztoki (rys. 4.14.).

Ścieki można również stosować zamiast rowów przydrożnych jako ścieki przydrożne.

#### 4.3.1 Określenia podstawowe

**Ściek** – zagłębienie o głębokości do około 0,30 m włącznie z umocnionym dnem, zbierające i odprowadzające wodę.

**Ściek przykrawężnikowy** – element konstrukcji jezdni (krawędzi nawierzchni drogowej przy krawężniku) służący do odprowadzenia wód opadowych z nawierzchni jezdni i chodników do projektowanych odbiorników (np. kanalizacji deszczowej).

**Ściek międzyjezdniowy** – element konstrukcji jezdni służący do odprowadzenia wód opadowych z nawierzchni, na których zastosowano przeciwne spadki poprzeczne, np. w rejonie zatok, placów itp..

**Ściek przydrożny** – element zlokalizowany poza jezdnią lub chodnikiem służący do odprowadzenia wód opadowych z nawierzchni jezdni, chodników oraz przyległego terenu do odbiorników sztucznych lub naturalnych.



**Ściek kryty** – ściek przykryty kratą, płytą ażurową, płytą na całej swej długości.

#### **4.3.2 Ścieki otwarte uliczne**

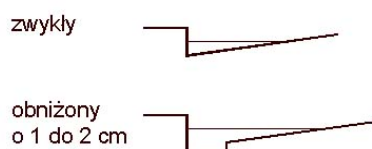
##### **4.3.2.1 Zakres stosowania**

Ścieki uliczne są elementami odwodnienia powierzchniowego, zlokalizowanymi wzdłuż jezdni (ścieki przykrawężnikowe) lub między powierzchniami komunikacyjnymi różnego przeznaczenia czy wykonanymi, na przykład, z różnych materiałów (międzyjezdniowe). Charakteryzują się płaskim kształtem i niewielkimi wymiarami poprzecznymi.

##### **4.3.2.2 Rodzaje ścieków**

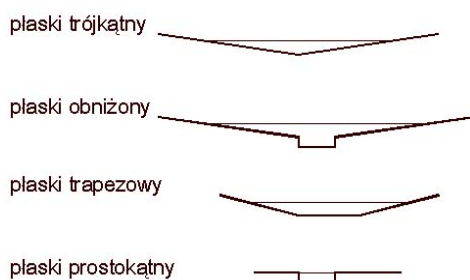
Ścieki mogą być jedno lub dwuskrzydłowe – zwykłe lub obniżone.

**Ścieki przykrawężnikowe** (jednoskrzydłowe):



Rys. 4.13. Ścieki przykrawężnikowe.

**Ścieki międzyjezdniowe** (dwuskrzydłowe):



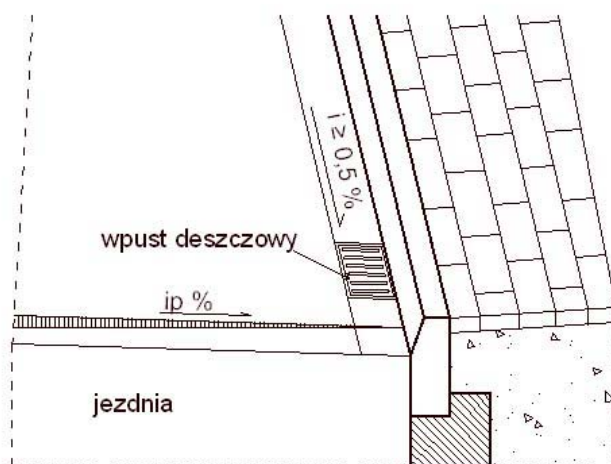
Rys. 4.14. Rodzaje ścieków międzyjezdniowych.

Zaleca się aby spadek podłużny dna wszystkich rodzajów ścieków wynosił co najmniej 0,5%. W przypadku ścieków o pochyleniu podłużnym mniejszym niż 0,5% należy zwracać uwagę na odpowiednią szorstkość powierzchni materiału, z którego wykonano ściek.

### 4.3.2.3 Ścieki przykrawężnikowe

- Ściek przykrawężnikowy zwykły

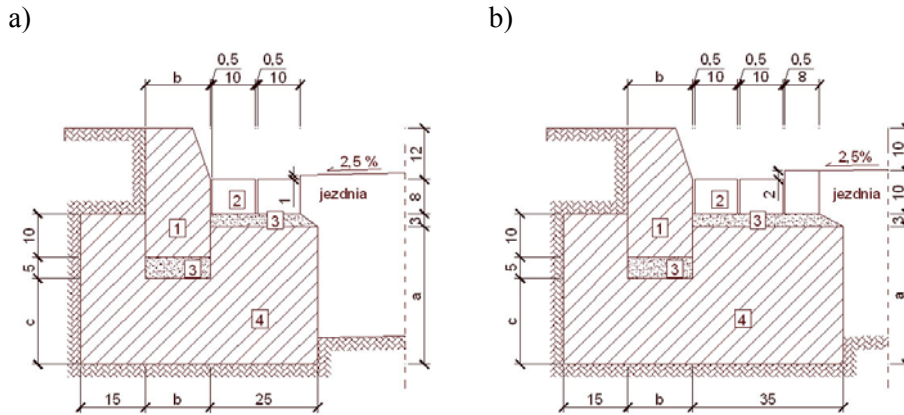
Jest to najprostszym typ ścieku. Tworzy go krawężnik uliczny i pewna szerokość jezdni, którą w czasie deszczu płyną wody opadowe (rys. 4.15). Ściek taki ma identyczny spadek podłużny i poprzeczny jak jezdnia. Nawierzchnię jezdni można wykonać na całej szerokości z jednakowego materiału lub też sam ściek wykonać z odmiennego materiału np. kostki kamiennej lub betonowej, klinkieru. Krawężnik należy posadzić na ławie betonowej z oporem.



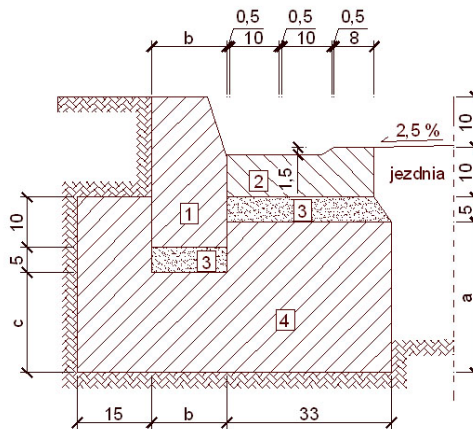
Rys. 4.15. Ściek przykrawężnikowy zwykły.

- Ściek przykrawężnikowy obniżony

Ściek taki ma identyczny spadek podłużny jak jezdnia. Ściek wykonany jest z odmiennego materiału np. kostki kamiennej lub betonowej, klinkieru, elementów prefabrykowanych i jest obniżony w stosunku do nawierzchni jezdni o 1 do 2 cm (rys. 4.16 a, b, rys.4.17). W przypadku przykrawężnikowych ścieków korytkowych zagłębienie nie powinno przekraczać 5cm.



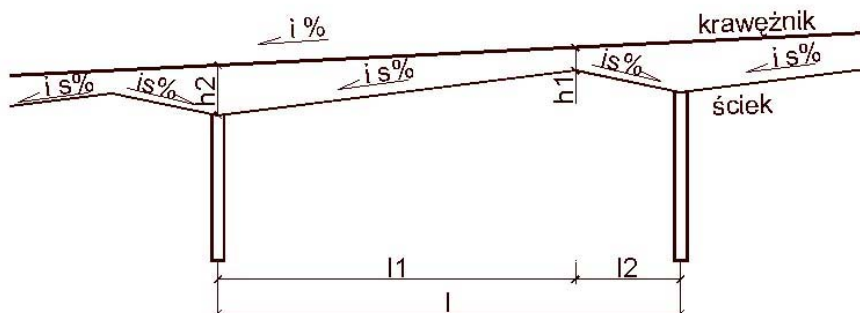
Rys. 4.16. Ściek przykrawężnikowy obniżony: a) z dwóch rzędów klinkieru, b) z trzech rzędów klinkieru. 1 – krawężnik Ua-1/15/30/100; 2 – klinkier; 3 - podsypka cem.-piaskowa 1:4; 4 – ława z betonu C 12/15 [15].



Rys. 4.17. Ściek przykrawężnikowy obniżony z betonowego prefabrykatu. 1 – krawężnik Ua-1/15/30/100; 2 – betonowy prefabrykat; 3 - podsypka cem.-piaskowa 1:4; 4 – ława z betonu C 12/15 [15].

- Ściek pilasty

Przy pochyleniu podłużnym jezdni mniejszym od 0,5% należy projektować ściek o zmiennej głębokości tzw. ściek pilasty kształtowany przez zmianę pochylenia podłużnego jezdni (rys. 4.18).



Rys. 4.18. Ściek pilasty.

Wielkości liczbowe potrzebne do wyznaczenia odległości wpustów deszczowych obliczamy ze wzorów, przyjmując oznaczenia jak na rys. 4.17.

Oznaczamy:

- $i$  – pochylenie podłużne jezdni,
- $i_s$  – minimalne pochylenie ścieku (0,3 – 0,5%),
- $h_1$  – najmniejsza głębokość ścieku ( $h_{min} = 8$  cm),
- $h_2$  – największa głębokość ścieku ( $h_{max} = 12$  cm),
- $L$  – odległość między studzienkami ściekowymi.

Obliczamy:

$$\Delta h = h_{max} - h_{min} \quad (4.2)$$

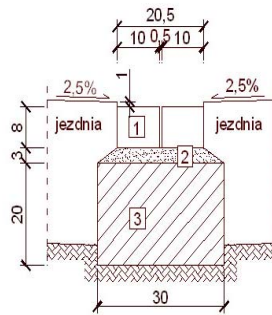
$$L = l_1 + l_2 = \frac{\Delta h}{i_s - i} + \frac{\Delta h}{i_s + i} = \frac{2 \cdot \Delta h \cdot i_s}{i_s^2 - i^2} \quad (4.3)$$

#### 4.3.2.4 Ścieki międzyjezdniowe

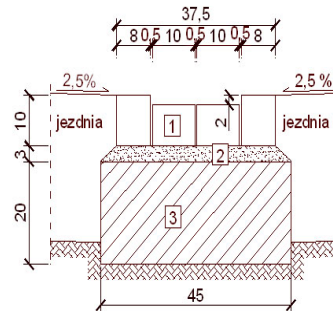
Na styku powierzchni komunikacyjnych różnego przeznaczenia (np. jezdnia – miejsce postojowe, jezdnia – zatoka autobusowa, jezdnia – plac) wykonanych z różnych materiałów należy stosować ścieki międzyjezdniowe. Wykonuje się je z klinkieru (rys.4.19a, 4.19b), kostki kamiennej (rys. 4.20) lub betonowych elementów prefabrykowanych (rys. 4.21).

Dla korytkowych ścieków międzyjezdniowych dopuszcza się obniżenie nie przekraczające 3cm.

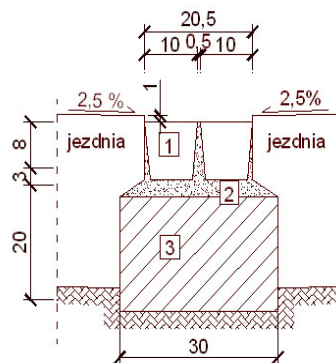
a)



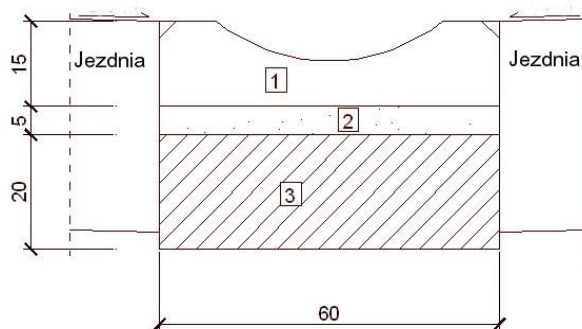
b)



Rys. 4.19. Ściek międzyjezdniowy: a) z 2 rzędów klinkieru drogowego, b) z 4 rzędów klinkieru. 1 – klinkier drogowy 8 x 10 x 22; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – łąwa z betonu C 12/15 [15].



Rys. 4.20. Ściek międzyjezdniowy z 2 rzędów kostki kamiennej; 1 – kostka kamienna nieregularna wys. 10 cm; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – łąwa z betonu C 12/15 [15].

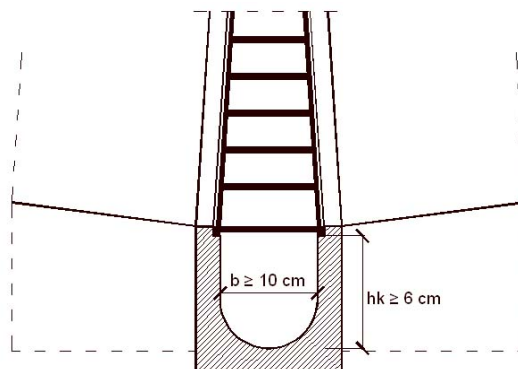


Rys. 4.21 Ściek międzyjezdniowy z prefabrykatu. 1 – płyta ściekowa betonowa – typ korytkowy; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – ława z betonu C 12/15 [15]; szczegóły wymiarów prefabrykatu przedstawiono na rys. 4.24.

### 4.3.3 Ścieki zamknięte uliczne

#### 4.3.3.1 Korytka z rusztem

Są to urządzenia odwodnienia liniowego, których podstawowym elementem są korytka i ruszty kratowe (rys 4.22).



Rys. 4.22. Korytka z rusztem [11].

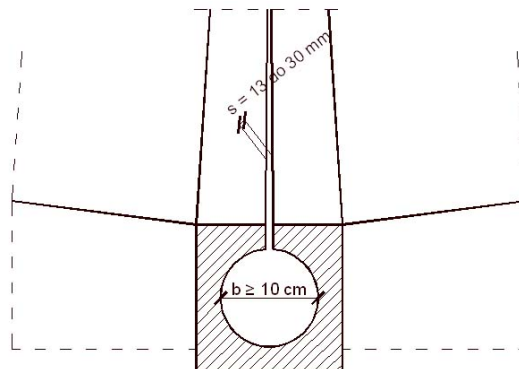
Korytka są zwykle prefabrykatami betonowymi przeważnie o długości 50 - 100 cm i szerokości 10 -50 cm. Na korytka nakładane są ruszty wykonane m. in. z żeliwa lub stali ocynkowanej.

Przeznaczone są one do odprowadzania wód deszczowych z terenów, na których przewiduje się różne obciążenia. W zależności od miejsca zastosowania rozróżniamy następujące klasy:

- klasa A - 15 kN powierzchnie używane wyłącznie przez pieszych i rowerzystów,
- klasa B - 125 kN drogi i powierzchnie dla pieszych oraz obszary parkingów dla samochodów osobowych,
- klasa C - 250 kN rejon przykrawężnikowe chodników i poboczy ulic (środkowe i boczne pasy jezdni),
- klasa D - 400 kN pasy ruchu ulic i pasy dla pieszych,
- klasa E - 600 kN powierzchnie wyłączone z ruchu publicznego, po których odbywa się ruch pojazdów o szczególnie dużym nacisku na oś,
- klasa F - 900 kN

#### 4.3.3.2 Ściek szczelinowy

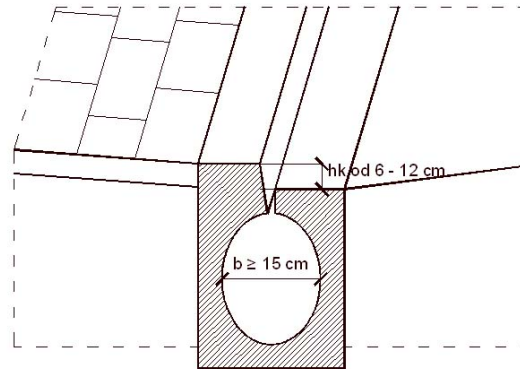
Jest to urządzenie odwodnienia liniowego, w którym wody opadowe dostają się do wnętrza ścieku specjalnie wykonaną szczeliną w górnej części profilu (rys. 4.23). Stosuje się je tylko w szczególnych przypadkach, z uwagi na trudny dostęp do jego wnętrza w celu przeczyszczania i udrożnienia.



Rys. 4.23. Ściek szczelinowy [11].

Ścieki szczelinowe mają wewnątrz przekrój kołowy lub owalny. Minimalna średnica wewnętrzna równa się 10 cm. Szerokość szczeliny powinna wynosić od 13 mm do 30 mm i może być w razie konieczności przerwana żeberkiem łączącym obie krawędzie w celu wzmocnienia konstrukcji przekroju.

W tunelach lub na odcinkach o niedostatecznym spadku podłużnym możliwe jest stosowanie ścieku szczelinowego z wyprofilowanym krawężnikiem (rys. 4.24).



Rys. 4.24. Ściek szczelinowy z wyprofilowanym krawężnikiem [11].

Zaleca się nie stosować ścieku szczelinowego w miejscach występowania ruchu rowerowego.

#### **4.3.4 Ścieki drogowe otwarte**

##### Zakres stosowania i wymagania

Ścieki drogowe nie naruszają warunków bezpiecznej jazdy i estetyki można je więc stosować w zastępstwie rowów przydrożnych do odwodnienia:

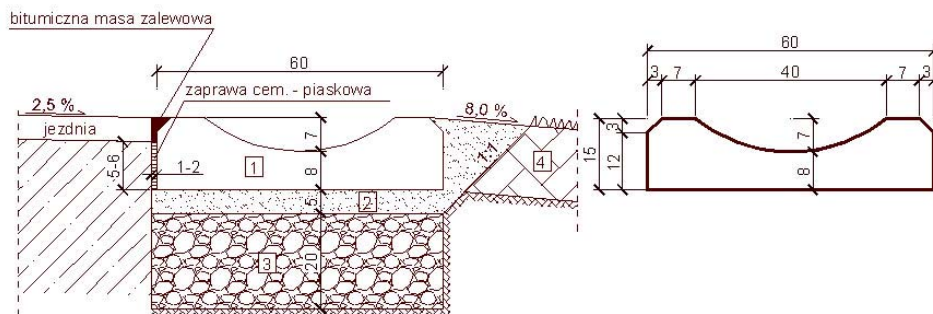
- jezdni, pasów awaryjnych, poboczy,
- pasa dzielącego.

Zaleca się stosować ścieki drogowe przy drogach przebiegających w wykopie.

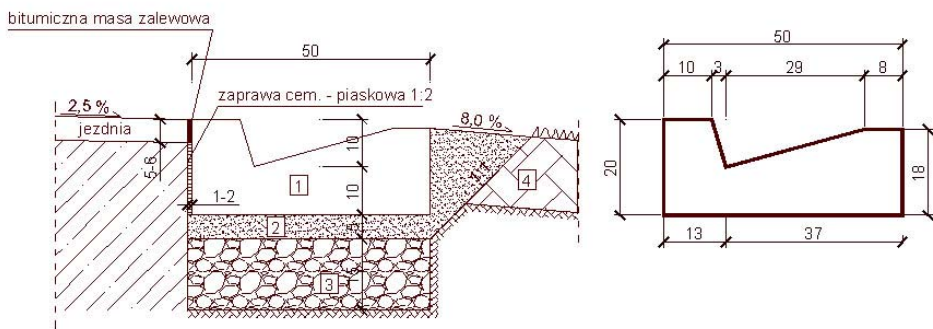
Ścieki drogowe zaleca się wykonać z gotowych prefabrykatów betonowych różnego typu (rys. 4.25, 4.26). Zaleca się, aby konstrukcja ścieków drogowych odpowiadała konstrukcji przyjętej w katalogu [15].



*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*



Rys. 4.25. Ściek drogowy korytkowy. 1 – płyta ściekowa typ korytkowy; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – podbudowa z żwiru, pospółki; 4 – humus [15].



Rys. 4.26. Ściek drogowy trójkątny. 1 – płyta ściekowa typ trójkątny; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – podbudowa z żwiru, pospółki; 4 – humus [15].

## **4.4 Zbiorniki retencyjne**

### **4.4.1 Określenia podstawowe**

**Zbiornik retencyjny (staw lub basen retencyjny)** – urządzenie pozwalające na zatrzymanie części spływu w celu opóźnienia odpływu ze zlewni wód opadowych do systemu odwodnienia o mniejszej przepustowości lub odbiornika wód opadowych.

**Strefa buforowa** – odległość izolacyjna od najbliższych posesji.

### **4.4.2 Zakres stosowania**

Zbiorniki retencyjne zaleca się stosować [11][45] ze względów technicznych, ekonomicznych lub hydrogeologicznych w następujących przypadkach:

- gdy występuje potrzeba wytrącenia nadmiaru szkodliwych substancji z wód odprowadzanych z drogi,
- gdy do istniejącej, prawie całkowicie dociążonej kanalizacji przyłącza się nowe zlewnie powstałe na skutek rozbudowy,
- w celu zmniejszenia ilości wód odpływających w jednostce czasu a tym samym opóźnienia odpływu,
- w celu nawodnienia okolicznych gruntów,
- ze względów krajobrazowo-estetycznych,
- w przypadku konieczności zaprojektowania pompowni, zbiornik pozwala na zmniejszenie wielkości projektowanych zespołów pompowych.

### **4.4.3 Wymagania ogólne**

Zaleca się, by tak projektować zbiorniki retencyjne, aby zapewnić:

- prostą konserwację,
- jeżeli to możliwe samoczynne oczyszczanie,
- w przypadku zbiorników zamkniętych łatwy dostęp do wejść roboczych i rewizyjnych,
- w przypadku zbiorników otwartych możliwość dojazdu sprzętem mechanicznym w celach konserwacyjnych,
- wysoką niezawodność wybranego rozwiązania,
- uniemożliwienie dostępu osobom niepowołanym, poprzez ogrodzenie całego terenu i zabezpieczenie wjazdu zamykaną bramą.

#### **4.4.3.1 Wymagania dotyczące kształtowania zbiornika retencyjnego**

Zaleca się aby najmniejsze dopuszczalne napełnienie zbiornika wynosiło 0,50 m, a największe napełnienie 1,50 m.

Zaleca się aby skarpy zbiornika miały nachylenie minimum 1:2.

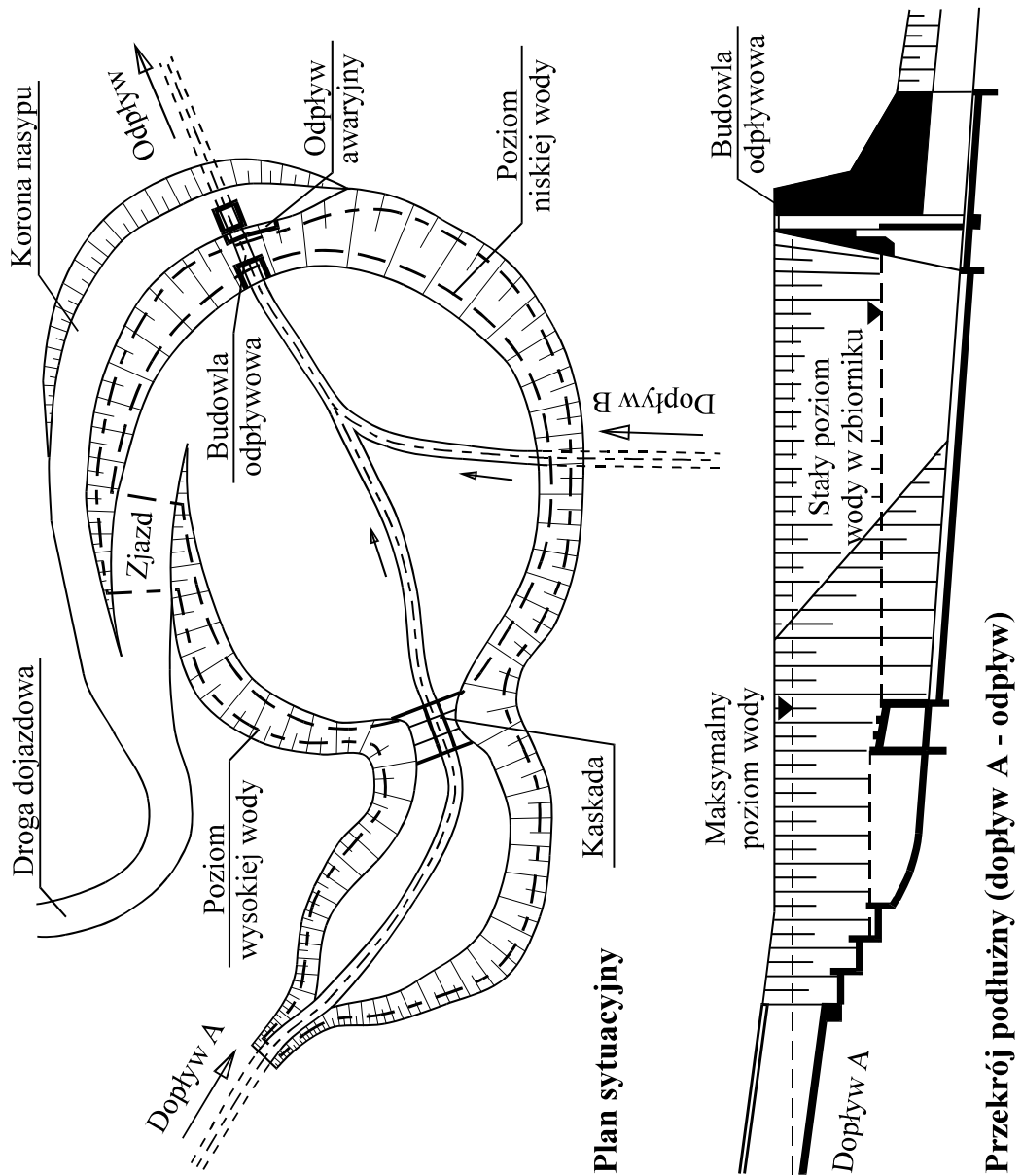
Zaleca się dwa warianty kształtowania dna zbiornika:

- dno płaskie o pochyleniu podłużnym od 0,1% do 0,5% i pochyleniu poprzecznym nie mniejszym niż 2,0%,
- przy znacznej różnicy poziomów dno o kształcie dwóch płaszczyzn pochyłonych ku środkowi (rozwarta litera V) z ciekim o przekroju trójkątnym lub trapezowym w miejscu przecięcia płaszczyzn. Głębokość cieku powinna wynosić minimum 1,5 m, a jego spadek podłużny nie mniejszy niż 2,0%.

#### **4.4.4 Zbiorniki retencyjne otwarte**

Otwarte zbiorniki retencyjne zaleca się stosować w przypadku, gdy kanalizacją przepływają tylko wody deszczowe, co wyklucza wystąpienie zagrożenia higienicznego.

Zaleca się tak projektować zbiorniki retencyjne, aby wkomponowały się w otaczający teren i swoim ukształtowaniem były podobne do naturalnych stawów, co umożliwi stworzenie przestrzeni życiowej dla różnych gatunków roślin i rodzajów zwierząt, pełniących istotną rolę w procesie oczyszczania wód opadowych (dotyczy to przede wszystkim roślin).



Rys. 4.27. Zbiornik retencyjny otwarty według [11].

#### 4.4.4.1 Stawy o rozszerzonej retencji

Stawy o rozszerzonej retencji to zbiorniki z ziemnym korytem w dnie oraz płytkim bagnem w części centralnej. W okresie bezdeszczowym woda przepływa

przez koryto denne i część bagienną, natomiast w okresie wzmożonych opadów staw może napełniać się aż do poziomu maksymalnego.

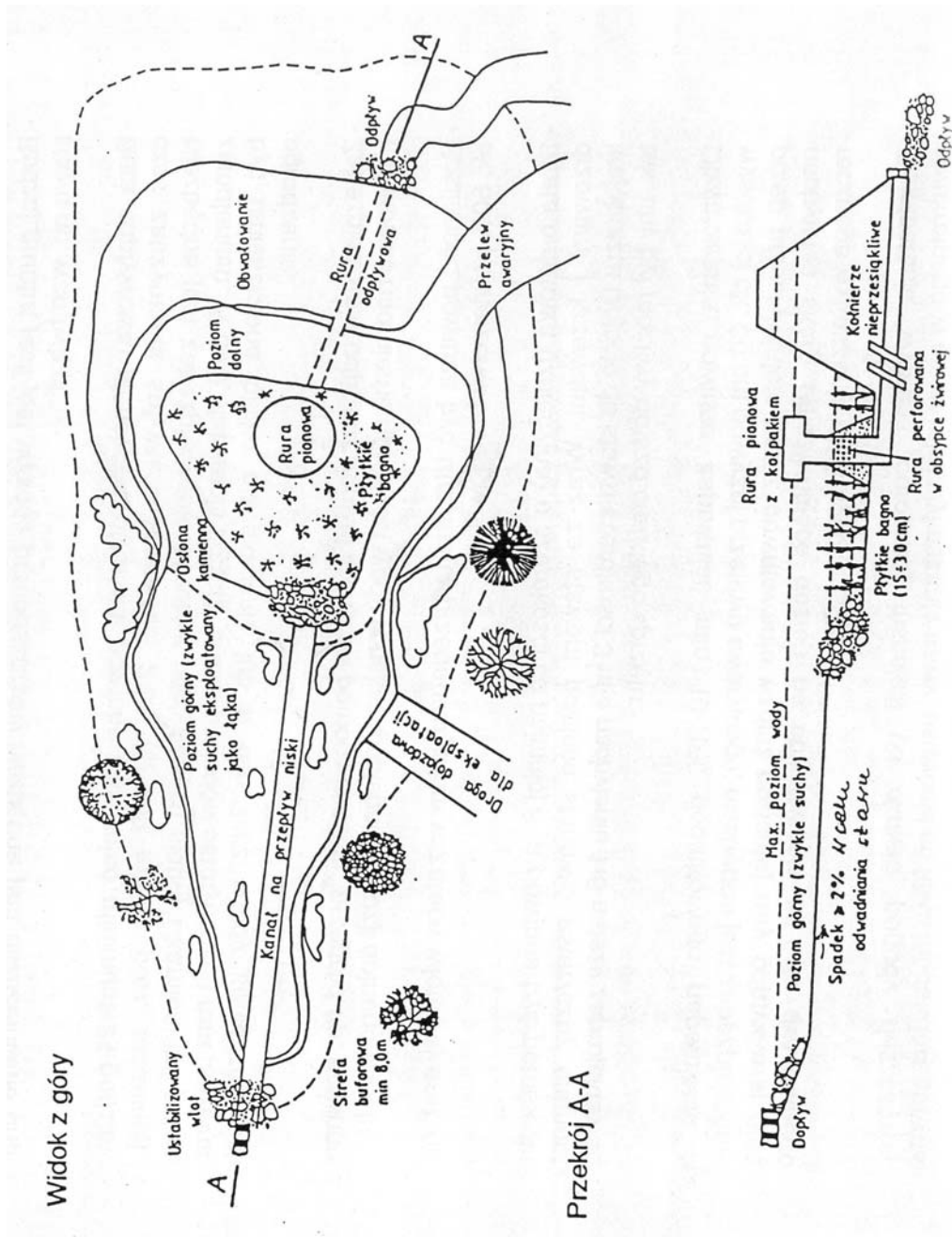
Stawy o rozszerzonej retencji zaleca się stosować tam, gdzie występuje konieczność oczyszczania biologicznego i podczyszczania bakteriologicznego ścieków opadowych.

Oprócz funkcji oczyszczania ścieków opadowych z zanieczyszczeń mogą być wykorzystywane jako zbiorniki do celów przeciwpożarowych lub konserwacji zieleni.

#### Wymagania [69]

Zaleca się, aby:

- nachylenie stawu wynosiło max 1:3 , min. 1:20,
- minimalna objętość retencyjna wystarczyła na zgromadzenie spływu o wysokości 2,5 cm z powierzchni szczelnej odwadnianej drogi, tj. 250 m<sup>3</sup> / ha,
- optymalny czas retencji wynosił 24 godziny, 6 godzin dla mniejszych spływów (do 1,25 cm wysokości), do 40 godziny w przypadku odwadniania większych powierzchni,
- projektować dwa poziomy retencji tak, by górna wymiarowana część stawu pozostawała sucha za wyjątkiem okresu dużych spływów, natomiast dolna regularnie zalewana, objętość dolnej części powinna zmagazynować spływ o wysokości 1,25 cm,
- obwałowanie umożliwiło dodatkowe napełnienie o 10-15% i wznosiło się ok. 30 cm nad przelew awaryjny,
- strefa buforowa była obsadzona drzewami i krzewami i miała minimalną szerokość 8,0 m
- zapewnić odpowiedni dojazd do stawu; szerokość dojazdu 3,0 m; nachylenie nie większe niż 1:10; nawierzchnia dojazdu ustabilizowana (płyty ażurowe lub z tworzyw sztucznych).



Rys. 4.28. Zbiornik retencyjny otwarty o rozszerzonej retencji według [69].

#### **4.4.4.2 Stawy ze stałą strefą wodną**

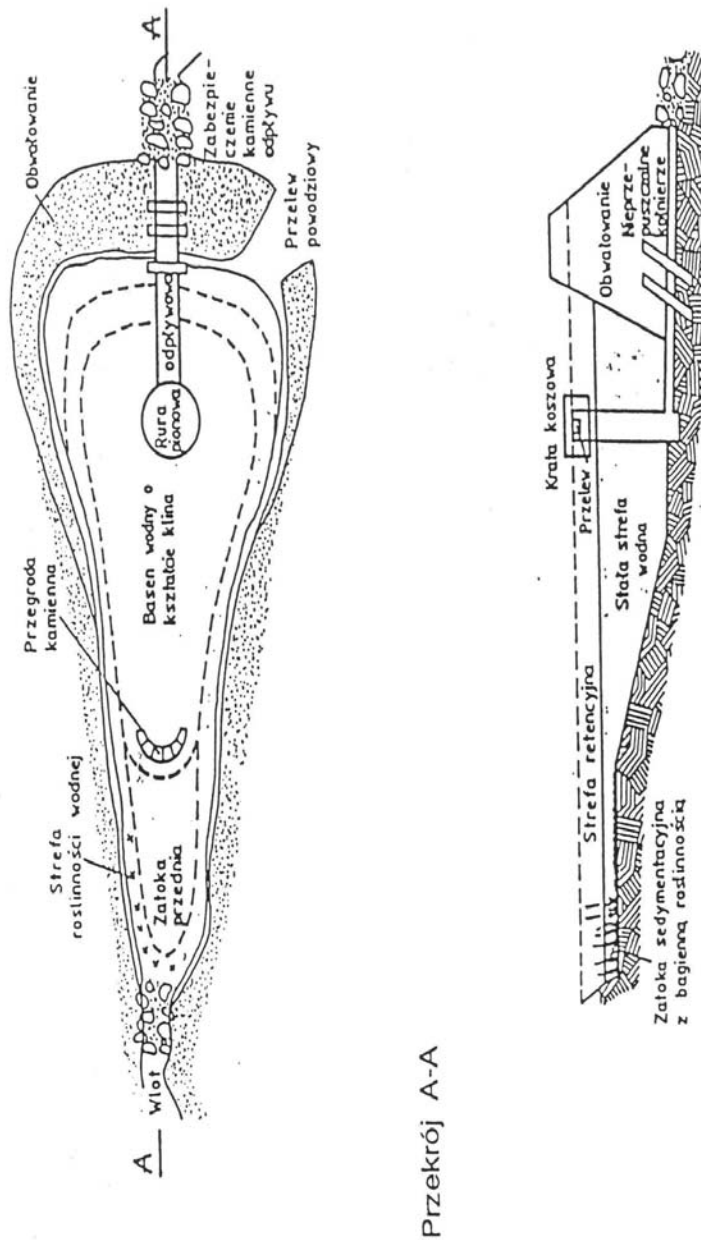
Stawy o rozszerzonej retencji zaleca się stosować tam, gdzie występuje konieczność oczyszczania biologicznego i podczyszczania bakteriologicznego ścieków opadowych.

##### Wymagania

Zaleca się, aby:

- objętość stałej części wodnej wynosiła minimum 125 m<sup>3</sup> na ha (dla opadu o wartości co najmniej 1,25 cm/ha) powierzchni uszczelnionej,
- zbiornik miał kształt klinowy, tzn. był najwęższy przy wlocie, a najszerszy przy obwałowaniu,
- minimalny stosunek długości do szerokości zbiornika powinien wynosić 3:1,
- linia brzegowa miała kształt nieregularny tzn. zbliżony do naturalnego,
- średnia głębokość wynosiła od 0,9 – 1,8 m; przy wlocie najpłycej, przy wylocie najgłębiej,
- płytka część brzegowa miała szerokość około 3,0 m,
- strefa buforowa o szerokości min. 8,0 m była porośnięta krzewami i drzewami,
- obwałowanie zapewniało minimum 10 – 15 % dodatkowego napełnienia o wysokości około 30 cm powyżej przelewu awaryjnego,
- roślinność utrzymana była w zatoce wlotowej oraz na około 50 % powierzchni brzegowej.

Zalecenia dotyczące kształtowania zbiorników retencyjnych otwartych zawiera opracowanie [69].



Rys. 4.29. Zbiornik retencyjny otwarty ze stałą strefą wodną według [69].



#### 4.4.5 Zbiorniki retencyjne zamknięte

W przypadku, gdy istnieje niebezpieczeństwo zanieczyszczenia wód opadowych substancjami wydzielającymi nieprzyjemne zapachy (gdy występuje kanalizacja ogólnospławna odprowadzająca również ścieki gospodarcze) ze względów higienicznych i estetycznych zaleca się projektować zbiorniki retencyjne zamknięte.

Zbiorniki zamknięte zaleca się również stosować, gdy:

- brak dostatecznie dużej powierzchni terenu do wykonania zbiornika otwartego,
- występuje odpowiednio duża różnica poziomów odpływu i dopływu.

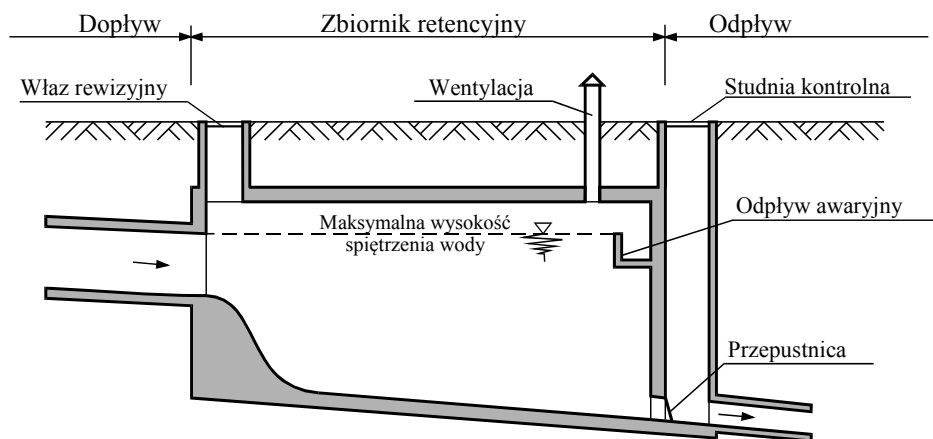
##### Wymagania

Kształt zbiornika zamkniętego należy uzależnić od uwarunkowań hydrologicznych i statycznych.

Zaleca się, aby:

- szerokość zbiornika wynosiła od 1/3 do 1/2 jego długości,
- zbiorniki o znacznej długości podzielić na kilka komór, kolejno napełniających się w czasie deszczu,
- przed wlotem do zbiornika podziemnego, zaprojektować piaskownik i/lub separator, urządzenia te pozwolą uchronić zbiornik przed nadmiernym napływem zanieczyszczeń – konserwacja zbiorników podziemnych jest trudniejsza niż urządzeń powierzchniowych.

W zbiornikach zamkniętych [11] należy wykonać włazy kontrolne i rewizyjne w miejscach łatwo dostępnych. Włazy należy wyposażyć w stopnie i drabiny zejściowe zabezpieczone przeciwpoślizgowo.



Rys. 4.30. Zbiornik retencyjny zamknięty z wewnętrzną kaskadą według [11].

## 4.5 Zalecenia materiałowe

### 4.5.1 Rowy otwarte

W celu umocnienia dna i skarp rowu przed skutkami erozji zaleca się stosować różne rodzaje wzmocnień w zależności od pochylenia podłużnego dna rowu i prędkości przepływu wody w rowie.

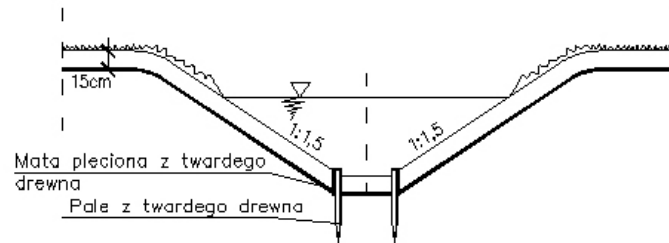
**Tablica 4.3. Zalecane sposoby umocnienia skarp i dna rowu w zależności od prędkości przepływu wody w rowie według [45].**

Prędkość przepływu wody w rowie $v$ [m/s]	Rodzaj umocnienia dna i skarp rowu
0,2 – 1,0	maty trawiaste
0,2 – 1,5	darnina na płask
0,6 – 2,0	darnina na płask umocniona rozścieloną i przymocowaną faszyną
1,5 – 2,0	darnina rębem
1,5 – 2,0	płatki faszynowe w kratę z wypełnieniem krat kamieniami
1,5 -2,0	płatki faszynowe w kratę z zabrukowaniem jednowarstwowym krat
2,0 – 2,5	płatki faszynowe w kratę z zabrukowaniem dwuwarstwowym krat
1,5 – 2,0	bruk pojedynczy
2,0 – 3,0	bruk podwójny
3,0 – 5,0	bruk na zaprawie
> 3,0	budowle siatkowo - kamienne

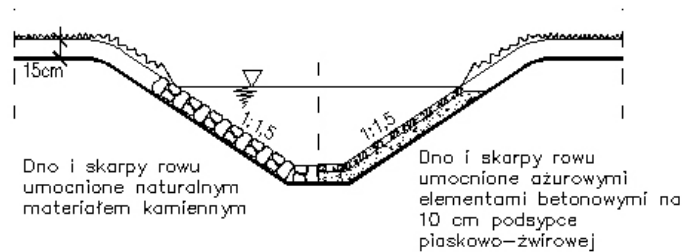
W zależności od pochyłeń podłużnych dna rowu zaleca się przyjmować następujące rodzaje umocnień dna i skarp rowu [11]:

- 3,0% - darniną,
- 4,0% - faszyną,
- 6,0% - brukiem układanym na sucho,
- 10,0% - elementami betonowymi,
- 15,0% - brukiem układanym na podsypce cementowo-piaskowej ze spoinami wypełnionymi zaprawą.

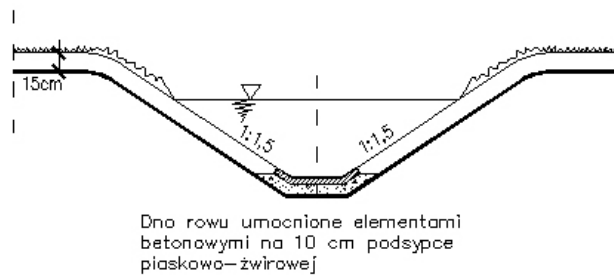
*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*



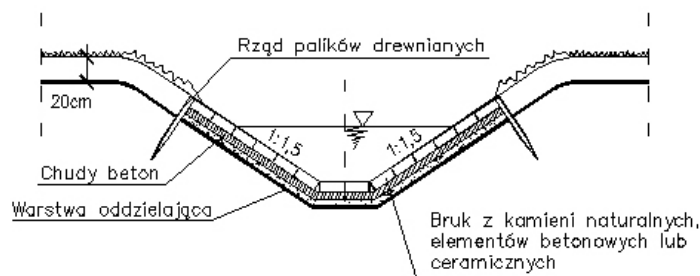
Rys. 4.31. Umocnienie przekroju rowu elementami z twardego drewna



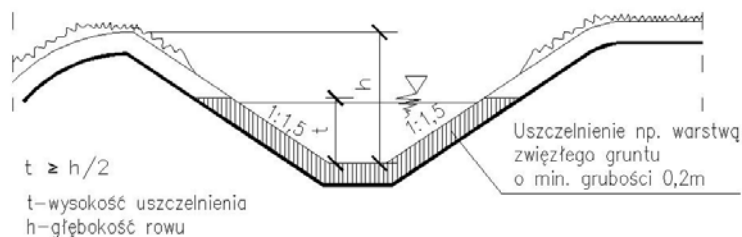
Rys. 4.32 Dno i skarpy rowu umocnione elementami kamiennymi lub ażurowymi



Rys. 4.33. Rów z gładkim umocnieniem dna z elementów betonowych



Rys. 4.34. Dno i skarpy rowu umocnione poprzez wybrukowanie



Rys. 4.35. Przykład uszczelnienia dna rowu skarpowego [11]

#### 4.5.1.1 Muldy

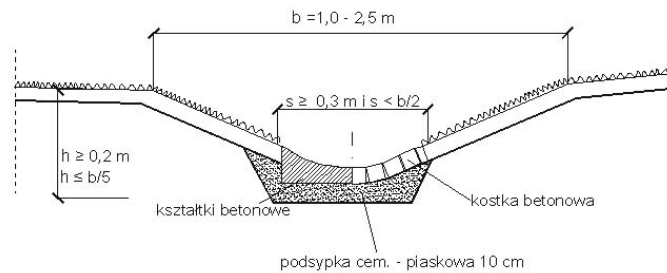
Rodzaje stosowanych umocnień dna muldy zależą od pochylenia podłużnego niwelety dna (tabela 4.4.).

Tablica 4.4. Rodzaje umocnienia dna muldy według [11].

Wartość pochylenia podłużnego $i$	Rodzaj umocnienia
$0,5\% < i < 1,0\%$	gładkie umocnienie; ze względów hydraulicznych możliwa konieczność zastosowania profili dennych
$1,0\% < i < 4,0\%$	umocnienie trawą
$4,0\% < i < 10,0\%$	porowate umocnienie dna (zalecane brukowanie materiałami o regularnych kształtach)
$i > 10,0\%$	dno bardzo porowate (zalecane brukowanie materiałami o nieregularnych kształtach)

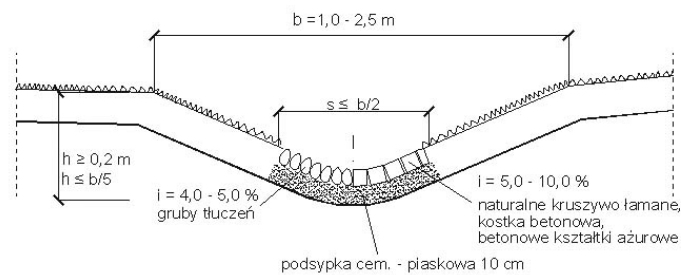
\* - dopuszcza się stosowanie pochylenia podłużnego  $0,3\% - 0,5\%$  w terenie płaskim.

- Muldy z gładkim umocnieniem dna – stosowana w celu zwiększenia przepustowości hydraulicznej,



Rys. 4.36. Mulda z gładkim umocnieniem dna.

- zaleca się aby szerokość wzmocnienia wynosiła minimum 30 cm i nie przekraczała połowy szerokości muldy,
- umocnienie dna należy wykonać z:
  - profili korytkowych,
  - kostek z kamienia naturalnego i sztucznego,
  - mas bitumicznych
- Muldy z porowatym umocnieniem dna – stosowana w przypadku, gdy pochylenie podłużne dna muldy wynosi od 4,0% do 10,0%,

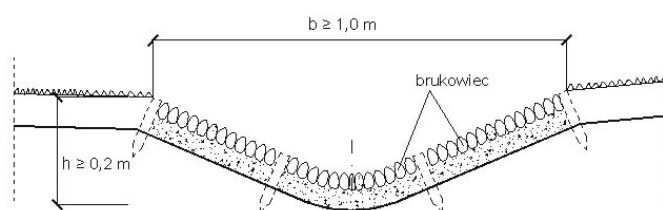


Rys. 4.37. Mulda z porowatym umocnieniem dna.

- dla pochylenia podłużnego dna od 4,0% do 5,0% umocnienie dna należy wykonać z grubego tłuczenia na podsypce cementowo – żwirowej grubości 10 cm,
- dla pochylenia podłużnego dna od 5,0% do 10,0% umocnienie dna należy wykonać z łamanego kruszywa naturalnego na podsypce

cementowo – żwirowej grubości 10 cm, bądź z prefabrykowanych ażurowych profili betonowych lub kostki betonowej na podsypce cem. – żwirowej grubości 10cm.

- muldy brukowane – stosowana przy spadkach podłużnych dna muldy większych od 10,0%.



Rys. 4.38. Mulda brukowana.

#### **4.5.2 Kaskady**

Stopnie i ścianki kaskady oraz fundament poduszki wodnej należy wykonać z betonu lub muru kamiennego [45].

#### **4.5.3 Bystrotoki**

Koryto bystrotoku umacnia się kostką kamienną o minimalnych wymiarach 0,25 m x 0,35 m na podsypce żwirowej grubości 0,30 m [45]. Do umocnienia skarp koryta bystrotoku można stosować także elementy betonowe, faszynę.

#### **4.5.4 Ścieki otwarte drogowe i uliczne**

Ścieki należy wykonać z materiałów nieprzeziąkliwych na podbudowie zapewniającej trwałość konstrukcji w przypadku najazdu kołami [24].

- Krawężniki - krawężniki powinny odpowiadać wymaganiom BN-80/6775-03/01, BN-80/6775-03/04, PN-EN 1340:2004, PN-B-11213:1997,
- Prefabrykowane elementy betonowe - prefabrykowane elementy betonowe stosowane do wykonania ścieków ulicznych i drogowych powinny odpowiadać wymaganiom BN-80/6775-03/0. Kształt i wymiary

prefabrykowanych elementów betonowych wykorzystanych do budowy ścieków powinny być zgodne z dokumentacją projektową. Do wykonania prefabrykatów należy stosować beton klasy, co najmniej C20/25 wg PN-EN 206-1:2003.

- Klinkier - Do wykonania ścieku klinkierowego należy stosować klinkier drogowy spełniający wymagania PN – EN – 1344:2004. Powinien to być klinkier o wymiarach 220 × 100 × 80 mm, klasy I, gatunku 1.
- Dopuszczalne odchyłki wymiarowe:
  - na długości: ± 5 mm,
  - na szerokości: ± 3 mm,
  - na grubości: ± 2 mm.
- Kostka kamienna - kostka kamienna nieregularna i rzędowa, stosowana do wykonania ścieków powinna odpowiadać wymaganiom. Powinna to być kostka klasy I, gatunku 1. Kształt, wymiary i dopuszczalne odchyłki wymiarowe dla kostki nieregularnej i rzędowej podano w OST D-05.03.01 „Nawierzchnia z kostki kamiennej”.
- Brukowiec - brukowiec stosowany do wykonania ścieków powinien spełniać wymagania PN-B-11104:1960. Do wykonania ścieków można stosować brukowiec klasy I i II o wymiarach od 16 do 20 cm i od 13 do 17 cm, o ile w dokumentacji projektowej i SST nie określono inaczej. Do obramowania układanego w ścieku brukowca zaleca się użyć kamieni o wysokości min. od 16 do 20 cm i długości min. od 25 do 30 cm.
- Płyty chodnikowe - do wykonania ścieku stosuje się płyty betonowe chodnikowe wg BN-80/6775-03/01, BN-80/6775-03/03 i PN-EN 1339:2005 o wymiarach o ile dokumentacja projektowa nie przewiduje inaczej:
  - 35 × 35 × 5 cm,
  - 35 × 17,5 × 5 cm
  - dla ścieków terenowych dwuskrzydłowych oraz płyty chodnikowe połówki o wymiarach 25 × 50 × 7 cm do ścieków jednoskrzydłowych.
- Inne materiały
  - Beton na ławę - beton na ławę pod krawężnik i ściek powinien odpowiadać wymaganiom PN-EN 206-1:2003. Zaleca się stosować beton klasy C 12/15, możliwe jest stosowanie innej klasy betonu, jeżeli wymaga tego dokumentacja projektowa,
  - Kruszywo do betonu - kruszywo do betonu powinno odpowiadać wymaganiom PN-EN 12620:2004,
  - Cement - cement do betonu powinien być cementem portlandzkim, odpowiadającym wymaganiom PN-EN 197-1:2002. Cement do zaprawy

- cementowej i na podsypkę cementowo-piaskową powinien być klasy 32,5,
- Woda - Woda powinna być „odmiany 1” i odpowiadać wymaganiom PN-EN 1008:2004,
  - Piasek - piasek na podsypkę cementowo-piaskową powinien odpowiadać wymaganiom PN-EN 12620:2004; piasek do zaprawy cementowo-piaskowej powinien odpowiadać wymaganiom PN-EN 13199:2003,
  - Masa zalewowa - masa zalewowa do wypełnienia spoin i szczelin dylatacyjnych powinna być stosowana na gorąco i odpowiadać wymaganiom BN-74/6771-04,
  - Kliniec - do zaklinowania szczelin należy stosować kliniec wg PN-EN 13043:2004,
  - Obrzeże betonowe - obrzeże chodnikowe betonowe stosowane do obramowania ścieku i nawierzchni chodnika powinno odpowiadać wymaganiom BN-80/6775-03/0 i BN-80/6775-03/04; jeżeli dokumentacja projektowa nie przewiduje inaczej, to do wykonania ścieku stosuje się obrzeże chodnikowe betonowe o wymiarach 8 × 30 × 75 cm.

#### **4.5.5 Ścieki zamknięte**

Ścieki zamknięte należy wykonać z elementów prefabrykowanych zalecanych przez producentów w zależności od miejsca wykonania ścieku i funkcji, jaką będzie on pełnił.

#### **4.5.6 Zbiorniki retencyjne**

Konstrukcja zbiorników retencyjnych projektowana indywidualnie zależy od:

- warunków hydrogeologicznych – poziom wód gruntowych,
- rodzaju gruntów,
- występowania zbiorników wód podziemnych OWO, ONO.

Zalecenia dotyczące materiałów, które zaleca się użyć przy wykonaniu zbiorników retencyjnych zostały zamieszczone w opracowaniu [11] oraz w Zeszycie 7 ‘Ekologiczne zagadnienia odwodnienia pasa drogowego’. Zalecenia te dotyczą przede wszystkim rodzaju roślinności, którą należy wykorzystać do zagospodarowania powierzchni przeznaczonej na obszar otwartego zbiornika retencyjnego.



## 4.6 Wymagania przy odbiorze

### 4.6.1 Rowy otwarte

Po wykonaniu rowów należy przeprowadzić odbiór techniczny. Odbiór techniczny rowów powinien obejmować:

- kontrolę cech geometrycznych wybudowanego rowu. Zakres i częstotliwość pomiarów, które należy wykonać przedstawiono w tabeli 4.5.,
- kontrolę umocnienia dna i skarp rowów; należy sprawdzić czy umocnienia wykonano zgodnie z zaleceniami.

Tablica 4.5. Zakres i częstotliwość pomiarów kontrolnych rowów według [23].

Rodzaj kontrolowanej cechy geometrycznej rowu	Minimalna częstotliwość pomiarów	Dopuszczalna odchyłka
spadek podłużny rowu <i>i</i>	1 km na każde 5 km drogi	$\pm 0,5 \% i *$
szerokość i głębokość rowu	1 raz na 100 m	$\pm 5$ cm
powierzchnia skarp	1 raz na 100 m	Prześwit pomiędzy skarpą a szablonem nie może przekraczać 3 cm

- na dnie rowu nie powinny występować zastoiska wody

### 4.6.2 Rowy kryte

Po wykonaniu rowów krytych należy sprawdzić:

- pochylenie podłużne na co najmniej 200,0 m na każdy km; dopuszczalne odchyłki wynoszą  $\pm 0,05\%$ ,
- czy na dnie rowu nie występują zastoiska wody,
- szerokość i głębokość rowu; dopuszczalne odchyłki wynoszą  $\pm 2,0$ cm.

### 4.6.3 Kaskady i bystrotoki

Przy odbiorze technicznym wybudowanych kaskad i bystrotoków należy sprawdzić prawidłowość ich wykonania zgodnie z projektem.

### 4.6.4 Ścieki otwarte

Odbiór techniczny ścieków należy przeprowadzać w trakcie budowy oraz po jej zakończeniu [24]. W trakcie budowy sprawdza się:

- wykop pod ławę; należy sprawdzić:

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

- czy wymiary ławy są zgodne z dokumentacją projektową – tolerancja dla szerokości wykopu wynosi  $\pm 2$  cm,
- zagęszczenie podłoża; wskaźnik zagęszczenia – 0,97 wg normalnej metody Proctora,
- gotową ławę (tabela 4.6.),
- ustawienie krawężnika (tabela 4.7.).

Po zakończeniu budowy sprawdza się wykonanie ścieku (tablica 4.8.).

**Tablica 4.6. Zalecane badania przy odbiorze wykonanej ławy pod ściek według [24].**

Rodzaj kontrolowanej cechy geometrycznej ławy	Minimalna częstotliwość pomiarów	Dopuszczalna odchyłka
Linia ławy w planie	raz na każde 100 m	$\pm 2$ cm od projektowanego kierunku
Niweleta górnej powierzchni ławy	raz na każde 100 m	$\pm 1$ cm od niwelety projektowanej
Wysokość (grubość)	w dwóch dowolnie wybranych punktach na każde 100 m ławy	$\pm 10$ % wysokości projektowanej
Szerokość górnej powierzchni ławy	w dwóch dowolnie wybranych punktach na każde 100 m ławy	$\pm 10$ % szerokości projektowanej
Równość górnej powierzchni ławy	w dwóch dowolnie wybranych punktach na każde 100 m ławy	1 cm przeswitu pomiędzy powierzchnią łaty a przyłożoną 4 -metrową łatą

**Tablica 4.7. Zalecane badania po ustawieniu krawężnika [24]**

Rodzaj kontrolowanej cechy geometrycznej ławy	Minimalna częstotliwość pomiarów	Dopuszczalna odchyłka
Linia krawężnika w planie	raz na każde 100 m	$\pm 1$ cm od linii projektowanej
Niweleta krawężnika	raz na każde 100 m	$\pm 1$ cm od niwelety projektowanej
Równość górnej powierzchni krawężnika	w dwóch dowolnie wybranych punktach na każde 100 m długości krawężnika	1 cm przeswitu pomiędzy powierzchnią krawężnika a przyłożoną 4 -metrową łatą
Wypełnienie spoin	raz na każde 10 m ustawionego krawężnika	wymagane całkowite wypełnienie spoiny
Szerokość spoin	raz na każde 10 m ustawionego krawężnika	szerokość spoiny nie może przekraczać 1 cm

Tablica 4.8. Zalecane badania po wykonaniu ścieku [24]

Rodzaj kontrolowanej cechy geometrycznej ścieku	Minimalna częstotliwość pomiarów	Dopuszczalna odchyłka
Spadek podłużny ścieku $i$	200 m na każdy 1km drogi	$\pm 0,05 \% i *$
Szerokość i głębokość ścieku	1 raz na 100 m	$\pm 2$ cm
Niweleta ścieku	raz na każde 100 m	$\pm 1$ cm od niwelety projektowanej
Równość podłużna ścieku	w dwóch dowolnie wybranych punktach na każde 100 m ścieku	0,8 cm prześwitu pomiędzy powierzchnią ścieku a przyłożoną 4 -metrową łąką
Wypełnienie spoin	raz na każde 10 m wykonanego ścieku	Brak – wymagane całkowite wypełnienie spoiny
Grubość podsypki	1 raz na 100 m	$\pm 1$ cm od grubości projektowanej

\* na dnie ścieku nie powinny występować zastoiska wody

#### 4.6.5 Zbiorniki retencyjne

Po wybudowaniu zbiornika retencyjnego należy przeprowadzić odbiór techniczny [45]. Badania wykonane w trakcie odbioru powinny obejmować sprawdzenie:

- lokalizacji i zgodności wymiarów zbiornika z projektem,
- pochylenia podłużnego dna; dopuszczalna odchyłka wynosi  $\pm 0,1$  % projektowanego spadku,
- co najmniej raz na każde 20,0 m pochylenia skarp; dopuszczalna odchyłka wynosi  $\pm 2,0$  cm na każdy metr podstawy
- zgodności parametrów geometrycznych i hydrologicznych budowli wypływowej przyjętych do obliczeń objętości retencyjnej,
- prawidłowość wykonania umocnień skarp (zgodnie z OST).

#### 4.7 Wymagania w okresie eksploatacji

##### 4.7.1 Rowy otwarte

W okresie użytkowania rowów należy przeprowadzać przeglądy sprawdzające prawidłowość ich funkcjonowania [45]. Jeżeli przegląd wykaże występowanie uszkodzeń i odchyłeń od projektu większych niż te dopuszczalne określone w punkcie 4.6.1., należy przeprowadzić prace konserwacyjne, które również podlegają odbiorowi technicznemu zgodnemu z punktem 4.6.1.

#### **4.7.2 Rowy kryte**

W trakcie eksploatacji rowów należy okresowo przeprowadzać czyszczenie dna rowu z nagromadzonych namulów, tak aby grubość warstwy namulów nie przekraczała 3 cm.

#### **4.7.3 Ścieki**

Zaleca się [45], aby w trakcie użytkowania okresowo oczyszczać dno ścieków z namulów. Warstwa zalegającego namułu nie powinna być grubsza niż 1 cm

#### **4.7.4 Zbiorniki retencyjne**

W trakcie eksploatacji zbiornika retencyjnego zaleca się aby przynajmniej dwa razy w roku (raz po sezonie zimowym) przeprowadzać inspekcje zbiorników retencyjnych tak aby warstwa osadów nagromadzona na dnie zbiornika nie może przekraczać 20 cm.

##### **4.7.4.1 Stawy o rozszerzonej retencji**

Należy według [69]:

- przeprowadzać inspekcję raz w roku po okresie pogody deszczowej,
- sprawdzać stan kanału doprowadzającego i urządzeń odprowadzających,
- dwa razy w roku wykaszać trawę,
- trawa na terenie stawu nie może być wykorzystywana do celów hodowlanych,
- osady denne należy usuwać co 5 – 10 lat w miejsce wcześniej do tego celu wyznaczone,
- co kilka lat usuwać osady przede wszystkim z zatoki sedymentacyjnej oraz oczyszczać rurę pionową i kanał wylotowy.

##### **4.7.4.2 Stawy ze stałą strefą wodną**

Należy według [69]:

- przeprowadzać coroczną inspekcję po okresie pogody deszczowej,
- dwa razy w roku wykaszać trawy,
- co kilka lat usuwać osady przede wszystkim z zatoki sedymentacyjnej oraz oczyszczać rurę pionową i kanał wylotowy.

## **5 ODWODNIENIE WGŁĘBNE DRÓG I ULIC**

### **5.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem opracowania są zalecenia dotyczące stosowania i wykonania elementów odwodnienia wgłębnego dróg kołowych, do których zalicza się:

- drenaż głęboki (przewody drenarskie założone zostają w gruncie poniżej granicy przemarzania i służą do obniżenia poziomu wód gruntowych),
- drenaż płytki (przewody drenarskie lub materiał drenujący założone są na spodzie koryta drogowego lub nieco poniżej).

#### Zakres drenażu głębokiego obejmuje:

- drenaż korony drogi (stosowany w celu obniżenie poziomu wód gruntowych do poziomu wymaganego od spodu konstrukcji nawierzchni),
- drenaż skarp (niezbędny gdy torowisko ziemne przecina warstwa wodonośna),
- drenaż ochronny (stosowany w przypadku znacznego napływu wód gruntowych na zagrożony teren i szczególnie trudne warunki gruntowe np.: tereny osuwiskowe),
- drenaż podstawy nasypu gdy wody gruntowe występują w postaci wycieków i źródeł w podstawie nasypu.

#### Zakres drenażu płytkiego obejmuje:

- szybkie odprowadzenie wody zbierającej się w obrębie warstw filtracyjnych nawierzchni drogowej i ulepszanego podłoża.

Do warstw filtracyjnych nawierzchni drogowej i ulepszanego podłoża zalicza się następujące warstwy jeżeli są wykonane z materiałów sypkich (niezwiązanych):

- a) warstwę podbudowy (w-wa nawierzchni),
- b) warstwę mrozoochronną (w-wa ulepszanego podłoża),
- c) warstwę odsączającą (w-wa ulepszanego podłoża),
- d) warstwę wzmacniającą podłoże (w-wa ulepszanego podłoża).

### **5.2 Określenia podstawowe**

**Odwodnienie wgłębne** – ma na celu przejście wód znajdujących się poniżej powierzchni terenu, którymi jest przesycony grunt, i odprowadzenie ich poza obręb pasa drogowego. Odwodnienie wgłębne realizuje się przez wykonanie drenażu płytkiego i głębokiego,

**Drenaż płytki** – występuje gdy przewody drenarskie wbudowane zostają w warstwie ulepszonego podłoża (mrozochronna, odsączająca) (rys. 5.1).

**Drenaż głęboki** – występuje gdy przewody drenarskie wbudowane zostają w gruncie poniżej granicy jego zamarzania. Drenaż głęboki tworzą ciągi drenarskie stosowane w celu: obniżenia zwierciadła wód gruntowych (rys.5.3, rys.5.4) lub ujęcia wody z warstwy wodonośnej (rys.5.6, rys.5.7).

**Sączek podłużny** – rowek wypełniony materiałem przepuszczalnym, służący do odprowadzenia wody z podłoża gruntowego (sączek głęboki) lub do odwodnienia warstw nawierzchni drogowej, usytuowany równolegle do osi korony drogi,

**Dren** – sączek podłużny z rurami drenarskimi na dnie, ułatwiającymi przepływ wody w kierunku wylotu drenu,

**Sączek poprzeczny** – sączek służący do odwodnienia warstw nawierzchni drogowej usytuowany prostopadle lub ukośnie w stosunku do osi korony drogi,

**Geowłóknina** – materiał wytworzony zwykle metodą zgrzewania i igłowania z nieciągłych, wysoko-spolimeryzowanych włókien syntetycznych, w tym tworzyw termoplastycznych: polietylenowych, polipropylenowych i poliestrowych, charakteryzujących się m.in. dużą wytrzymałością oraz wodoprzepuszczalnością.

**Podłoże drogowe** – grunt rodzimy lub nasypowy, leżący pod nawierzchnią do głębokości przemarzania,

**Warstwa odcinająca** - warstwa stosowana w wykopie, w celu uniemożliwienia przenikania cząstek drobnych gruntu do warstwy nawierzchni leżącej powyżej.

**Ulepszone podłoże** - górna warstwa podłoża, znajdująca się bezpośrednio pod nawierzchnią, ulepszona przez doziarnienie lub dodatek materiału wiążącego (cement, wapno) w celu umożliwienia przejścia ruchu w trakcie budowy oraz poprawnego wykonania i funkcjonowania nawierzchni drogowej. Do ulepszonego podłoża zalicza się warstwy: mrozochronną, odsączającą, odcinającą oraz warstwę wzmacniającą podłoże w wykopie.

**Warstwa wzmacniająca** – warstwa doprowadzająca podłoże rodzime do grupy nośności G1.

**Warstwa mrozochronna** - warstwa, której głównym zadaniem jest ochrona nawierzchni przed skutkami działania mrozu.

**Warstwa odsączająca** - warstwa służąca do odprowadzenia wody przedostającej się do nawierzchni.

**Konstrukcja nawierzchni drogowej** (rys. 5.1) (rys.5.2) - warstwa lub zespół warstw służących do przejmowania obciążeń od ruchu i rozkładania ich na podłoże nawierzchni i zapewniających dogodne warunki dla ruchu. Do konstrukcji nawierzchni zalicza się:

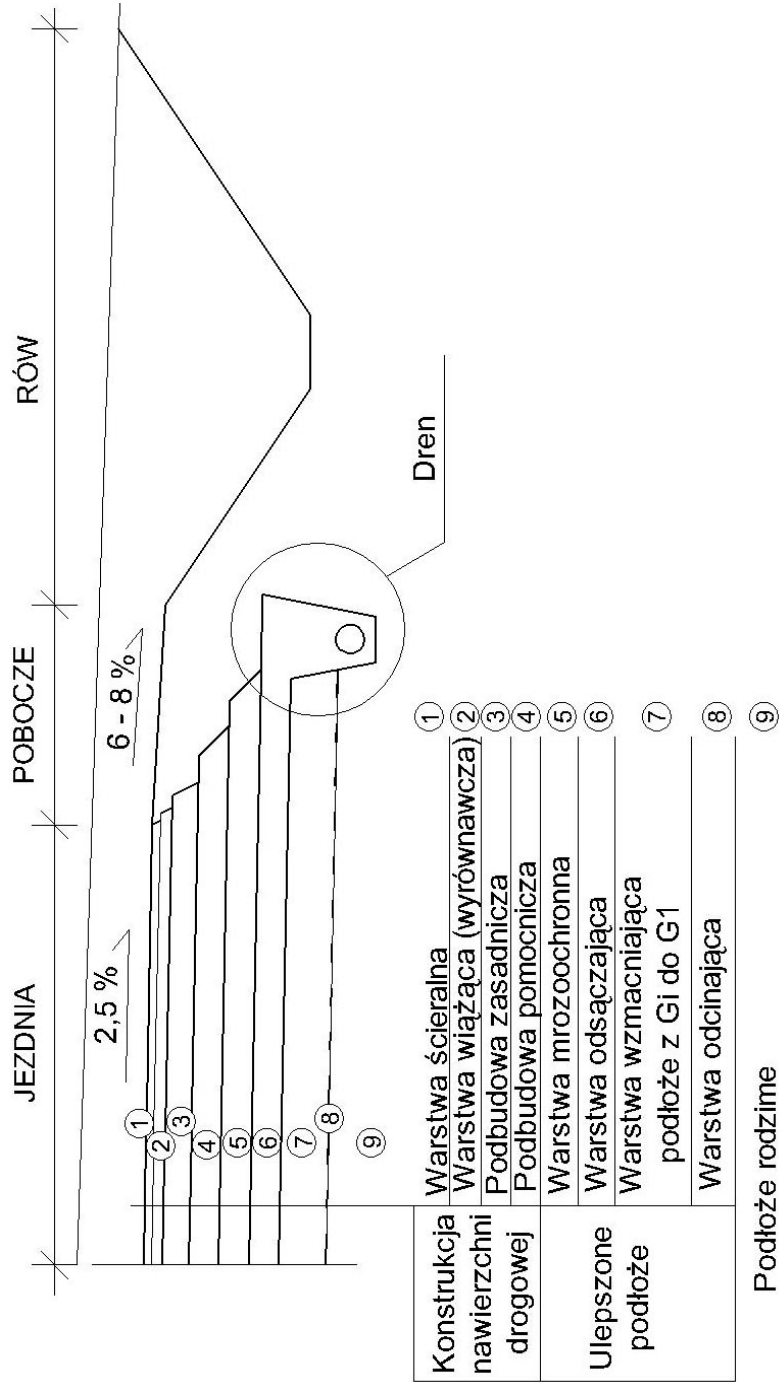
- warstwę ścieralną,
- warstwę wiążącą ( lub/i wyrównawczą),
- warstwy podbudowy: zasadniczą i pomocniczą.

**Warstwa ścieralna nawierzchni** – wykonywana z mas mineralno – bitumicznych (beton asfaltowy, SMA i inne - nieprzepuszczalnych) o wymaganej szorstkości i równości lub z kostek kamiennych lub prefabrykowanych kształtek o wymaganej szorstkości i równości z uszczelnionymi spoinami (nieprzepuszczalna).

**Warstwa wiążąca (wyrównawcza)** – wykonywana z materiałów nieprzepuszczalnych (mieszanka mineralno-asfaltowa),

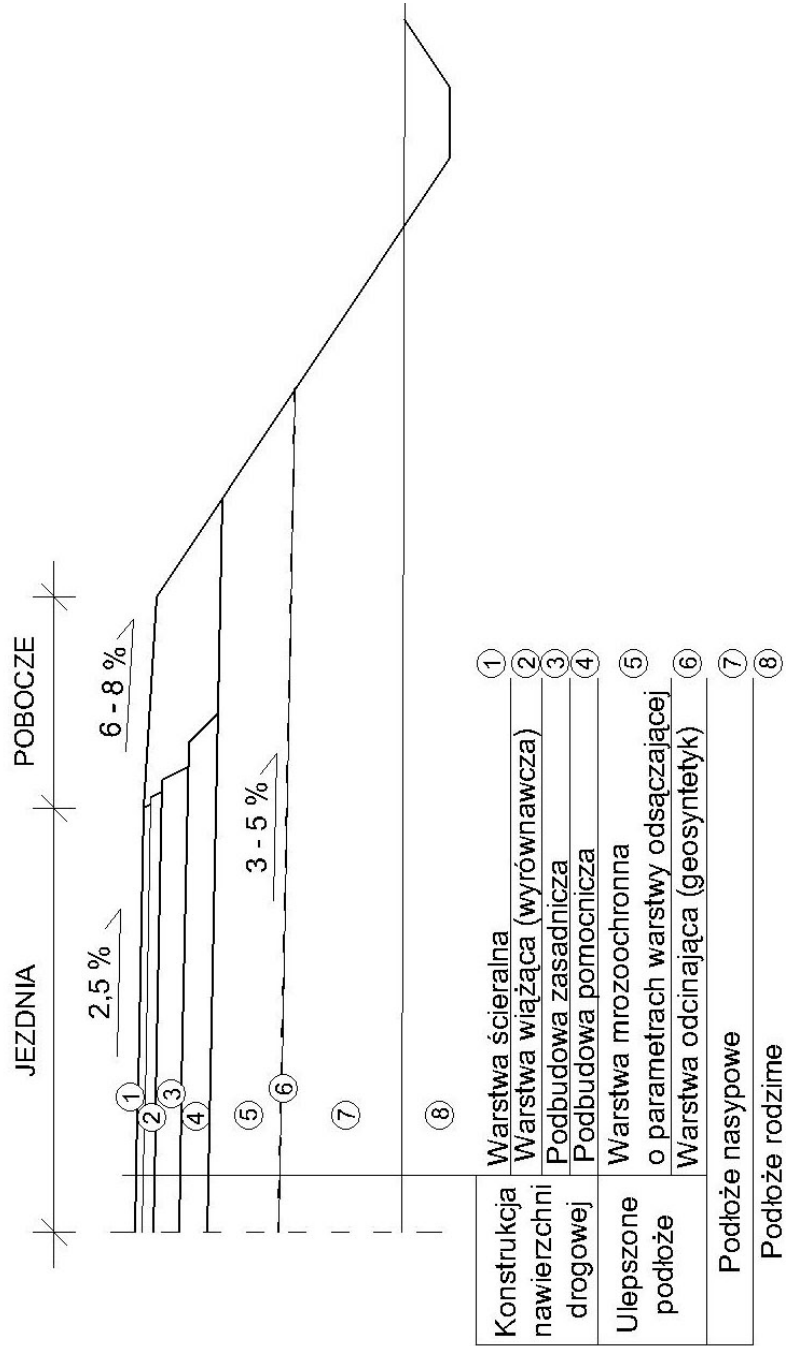
**Podbudowa (zasadnicza, pomocnicza)** – wykonywana może być zarówno z materiałów nieprzepuszczalnych (mieszanka mineralno-asfaltowa, warstwa ulepszona spoiwem hydraulicznym) jak również z materiałów przepuszczalnych – sypkich (kruszywo) lub związanych (beton asfaltowy, chudy beton, stabilizacja cementem lub wapnem itp),

Wymienione na rys. 5.1 warstwy podłoża ulepszonych w wykopie nie występują na ogół jednocześnie, ponieważ można zastosować materiał, który będzie spełniał równocześnie wymagania dla dwóch warstw (np.: dla mrozoochronnej i odsączającej).



Rys. 5.1 Układ warstw konstrukcji nawierzchni drogowej oraz warstw ulepszonych podłoża w wykopie (spadek poprzeczny 2,5%).





Rys. 5.2. Układ warstw konstrukcji nawierzchni drogowej i jej podłoża w nasypie (spadek poprzeczny 2,5%).

### **5.3**

## **5.4 Drenaż głęboki**

Zadaniem drenażu głębokiego jest zabezpieczenie elementów torowiska ziemnego drogi oraz nawierzchni przed wpływem wód gruntowych, które w sposób zasadniczy rzutują na stopień zawilgocenia terenu i podłoża pod nawierzchnią, co z kolei stanowi przyczynę obniżenia jej nośności.

Poziom wody gruntowej ulega wahaniom w zależności od: warunków klimatycznych, ilości opadów, pór roku oraz roślinności w terenie przyległym do pasa drogi. Poziom zwierciadła wody gruntowej w pasie drogowym zaleca się regulować poprzez wykonanie:

- obniżenia poziomu wody gruntowej w odniesieniu do spodu konstrukcji nawierzchni (w przypadku gdy niemożliwe jest „podniesienie” niwelety drogi),
- drenażu skarp gdy torowisko ziemne przecina warstwę wodonośną,
- drenażu ochronnego w terenach osuwiskowych
- drenażu podstawy nasypu w terenie występowania wycieków i źródeł.

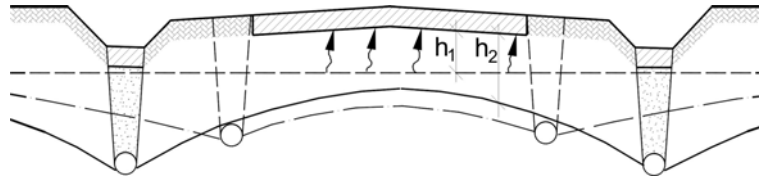
### **5.4.1 Obniżenie poziomu wody gruntowej**

Poprawnie zaprojektowana niweleta drogi powinna zapewniać ochronę konstrukcji nawierzchni przed wpływem wód gruntowych na jej nośność [56][57][58]. Zaleca się następujące wymagane odległości poziomu zwierciadła wód gruntowych od najniższego punktu spodu konstrukcji nawierzchni, zależnie od rodzaju gruntu podłoża [8][11] (rys. 5.5):

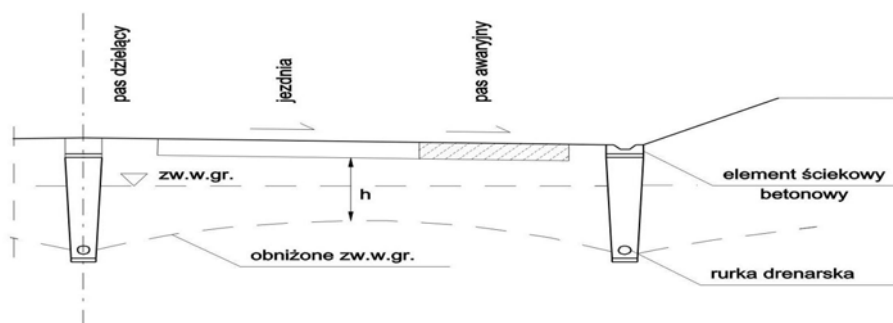
- a) 1,60 m – w gruntach nieprzepuszczalnych,
- b) 1,10 m – w gruntach o średniej przepuszczalności,
- c) 0,70 m – w gruntach przepuszczalnych.

Jeżeli wymagane odległości pomiędzy najniższym punktem spodu konstrukcji nawierzchni a poziomem wód gruntowych nie mogą być spełnione na etapie projektowania niwelety drogi, należy obniżyć istniejący poziom zwierciadła wody gruntowej stosując drenaż korony drogi. Na rysunkach 5.3 oraz 5.4 przedstawiono zalecane usytuowanie drenów :

- dla dróg 1-jezdniowych zaleca się dwa warianty usytuowania drenów: przy krawędzi nawierzchni lub w osi dna rowu (rys.5.3). Nie zaleca się projektowania drenażu w osi nawierzchni (występuje często w drogach istniejących).
- dla dróg 2-jezdniowych zaleca się usytuowania trzech ciągów drenarskich : w pasie rozdziału i w osi dna rowów (rys. 5.4 ).



Rys. 5.3. Obniżenie zwierciadła wody gruntowej. Warianty sytuowania drenów w przekroju drogi 1-jezdniowej. a) dreny przy krawędzi nawierzchni, b) dreny pod dnem rowu [8].



Rys. 5.4. Obniżenie zwierciadła wody gruntowej. Usytuowania drenów w przekroju drogi 2-jezdniowej.

Projektując drenaż przedstawiony na rysunkach 5.3 oraz 5.4 znamy lokalizację drenów wynikającą z szerokości jezdni, pobocza i pasa rozdziału, a szukamy głębokości ich posadowienia  $g$ . Schemat drenażu korony drogi przedstawia rysunek 5.5 [8]. Z rysunku 5.5 wynikają następujące zależności [8]:

$$g = h + h_1 \quad (5.1)$$

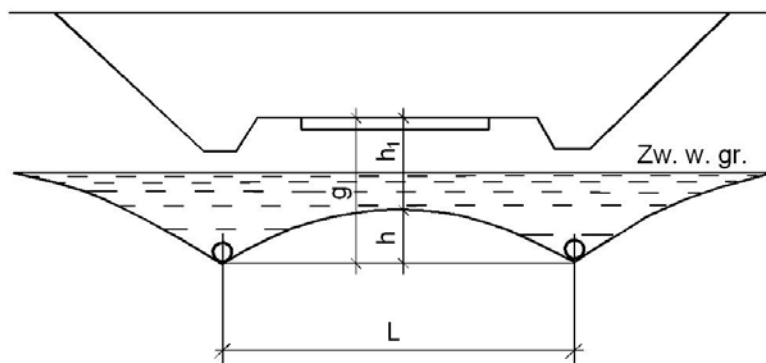
$$h = \frac{L}{2} \cdot \sqrt{\frac{q_0}{k}} \quad (5.2)$$

gdzie:

$h_1$  – wymagany odstęp niwelety spodu konstrukcji nawierzchni drogi od poziomu obniżonego zwierciadła wody gruntowej,

$q_0$  – spływ jednostkowy do drenu w  $m^3 / \text{dobę} / m^2$  rzutu poziomego odwadnianego pasa terenu (wartości według tablicy 3.5) [8][11],

$k$  – współczynnik wodoprzepuszczalności [ $m / \text{dobę}$ ].



Rys. 5.5. Obniżenie zwierciadła wody gruntowej (usytuowanie drenów pod dnem rowu; wymaga uszczelnienia dna rowu) [8]

Wielkość współczynnika filtracji  $k$  dla występujących w Polsce gruntów podłoża drogowego (nieprzepuszczalne, średnio przepuszczalne, przepuszczalne) mieści się w przedziale:

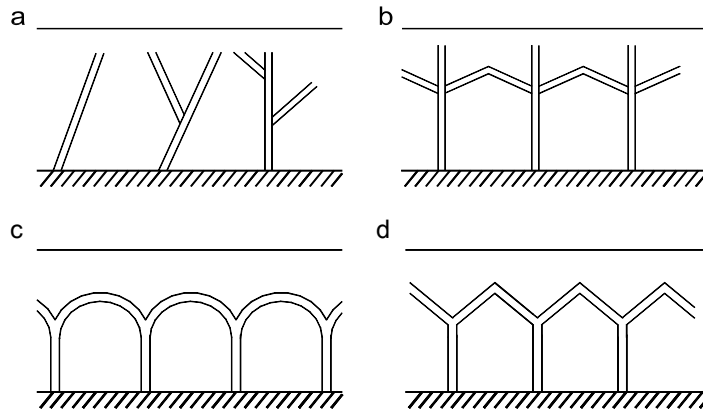
$$k = 10^{-12} \div 10^{-2} \quad [m / s]$$

#### 5.4.2 Drenaż skarp

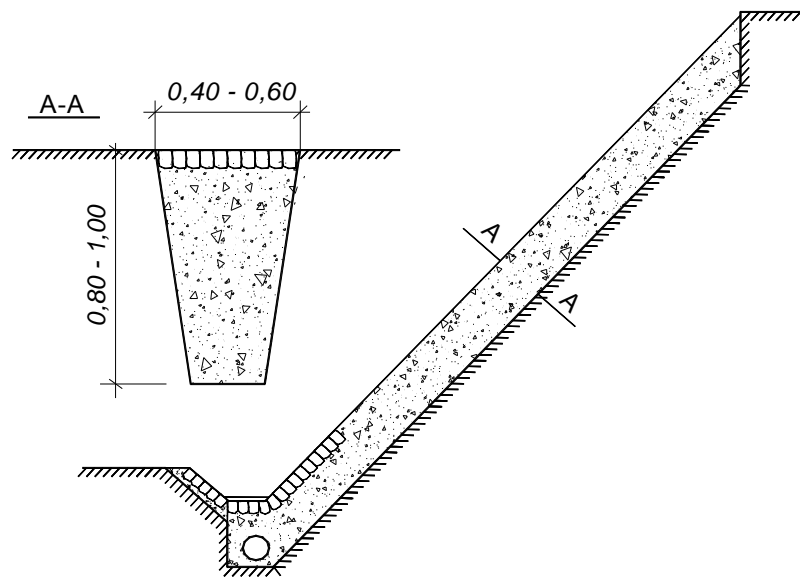
Wykonanie drenażu skarp jest konieczne na przykład w sytuacji, gdy torowisko ziemne w wykopie przecina warstwę wodonośną. Przypadek ten występuje często na drogach stokowych o przekroju odcinkowym (wykop/nasyp). Wycieki wody z warstw wodonośnych będą powodowały uszkodzenia powierzchni skarp stwarzając zagrożenie dla użytkowników. W gruntach pylastych mogą tworzyć się niebezpieczne spływy skarp.

Ujęcia wody z warstwy wodonośnej i zabezpieczenie skarp można realizować poprzez wykonanie :

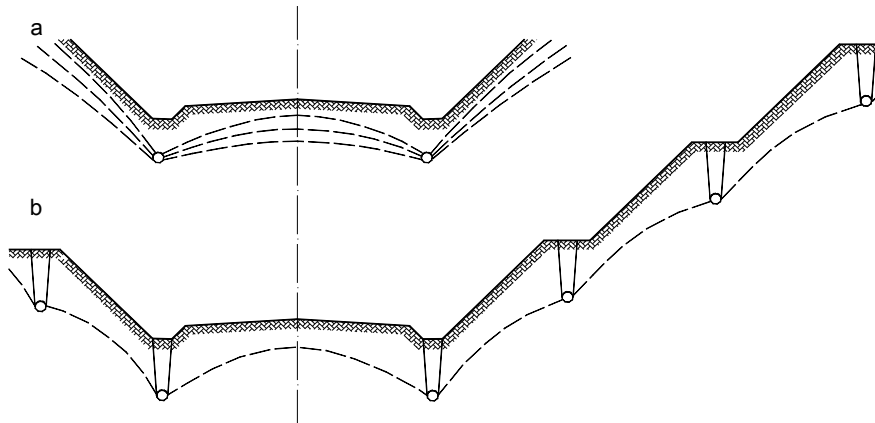
- sączków kamiennych skarpowych (rys. 5.6 i 5.7) oraz
- drenażu skarp (rys.5.8.)



Rys. 5.6. Schematy sączków skarpowych – sposoby rozmieszczenia na skarpie[8]



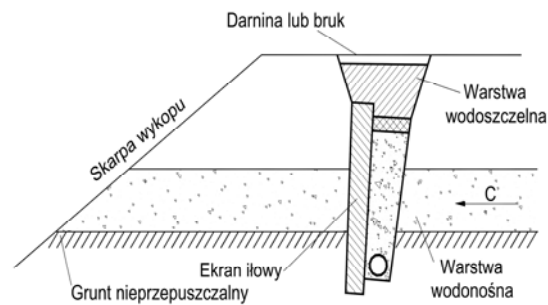
Rys. 5.7. Przykładowy przekrój sączka skarpowego



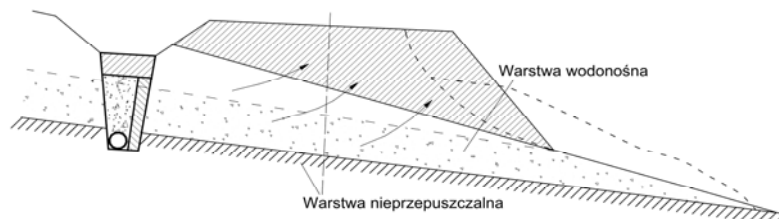
Rys. 5.8. Drenaż nawilgoconej skarpy [8] a) – w płytkim wykopie, b) -w głębokim wykopie

### 5.4.3 Drenaż ochronny (tereny osuwiskowe i inne)

Drenaż ochronny jest wymagany w przypadku znacznego napływu wód gruntowych na torowisko ziemne w wykopie i w nasypie. Jest on zalecany szczególnie na terenach osuwiskowych itp. Stosuje się w tym obszarze np.: specjalny typ drenażu z uszczelniającą ścianką ilową. Drenaż tego rodzaju nazywa się również ochronnym lub odcinającym (rys.5.9) (rys.5.10).



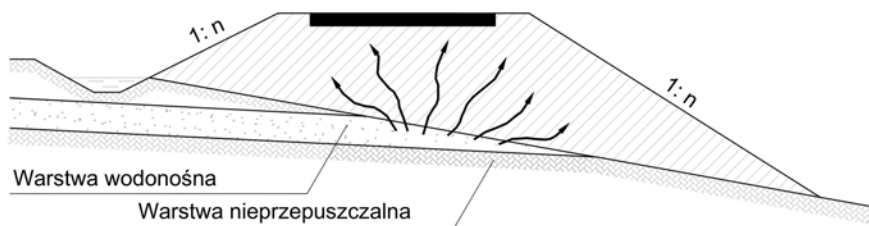
Rys. 5.9. Drenaż zastosowany dla zabezpieczenia skarpy w wykopie [8]



Rys. 5.10. Drenaż zastosowany dla zabezpieczenia stateczności korpusu drogi

#### 5.4.4 Drenaż podstawy nasypu

Występujące na powierzchni terenu u podstawy nasypu liczne wysięki wody oraz źródlika (rys. 5.11) stanowią istotne zagrożenie dla stabilności korpusu drogowego. Wyciekające wody nasycają materiał ziemny nasypu, który ulega uplastycznieniu i deformacji. Konieczne jest indywidualne rozwiązanie ujęcia wód i odprowadzenie ich poza obręb nasypu.



Rys. 5.11. Wyklinowanie warstwy wodonośnej w podstawie nasypu [8]

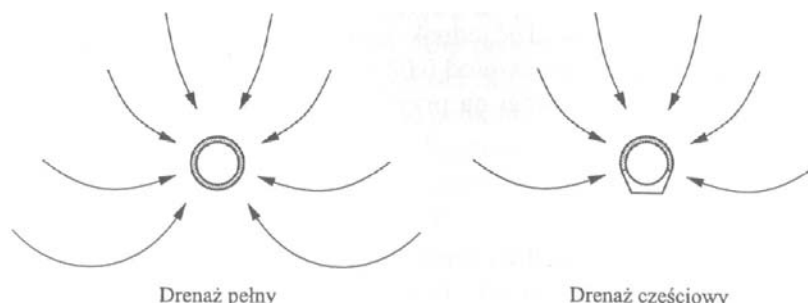
#### 5.4.5 Funkcje i składowe drenażu

Drenaż znajduje zastosowanie w drogownictwie w sytuacjach, gdzie zachodzi konieczność:

- obniżenia poziomu zwierciadła wody gruntowej do poziomu wymaganego od spodu konstrukcji nawierzchni (rys. 5.3, 5.4),
- wykonania drenażu skarp w przypadku, gdy torowisko ziemne w wykopie przecina warstwę wodonośną (rys. 5.5, 5.6, 5.7),
- wykonania drenażu ochronnego w terenach osuwiskowych (rys. 5.9, 5.10).

Przyjmowanie wody przez ciąg drenarski może następować całym obwodem kanału (drenaż pełny) lub tylko częścią obwodu (drenaż częściowy) [11].





Rys. 5.12. Wchłanianie wody przez dreny [11].

W zależności od sposobu zakładania drenów rozróżniamy trzy rodzaje drenowania:

- drenowanie poziome, przy którym sieć drenarska prowadzona jest w układzie poziomym,
- drenowanie pionowe, przy którym wykonuje się pionowe otwory rozmieszczone w odpowiednich odstępach, wypełnione materiałem drenującym,
- drenowanie kombinowane będące odpowiednim powiązaniem obu rodzajów drenaży.[8]

System drenażu składa się z:

- rur drenarskich do zbierania wody (perforowanych),
- filtrów ziarnistych do gromadzenia wody,
- geowłóknin do utrzymania trwałości filtrów,
- rur odprowadzających do transportu wody,
- studzienek do kontroli i utrzymania systemu.

#### 5.4.5.1 Rury drenarskie (ściekowe)

**Rura ściekowa** powinna charakteryzować się następującymi cechami:

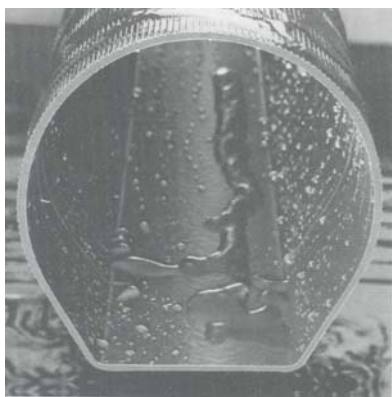
- sztywnością przekroju poprzecznego, aby przenieść obciążenia statyczne i dynamiczne,
- przepustowością hydrauliczną osiągniętą przez gładką powierzchnię wewnętrzną,
- wytrzymałością na działanie wody pod wysokim ciśnieniem.

Wymiar otworów chłonnych w rurach ma wpływ na wypłukiwanie najdrobniejszych cząstek materiału mineralnego i zamulanie kanału. Średnice rur drenarskich powinny wynosić:

- 100mm przy mechanicznych lub ręcznych przyrządach czyszczących,
- 200mm przy przyrządach frezujących rury od środka.

Spadki podłużne rur drenarskich i warstwy drenującej powinny być jednakowe i wynosić [26] minimum 0.3%, ze względu na możliwość samooczyszczania. [11]. Najczęściej stosuje się rury z tworzyw sztucznych, które posiadają następujące zalety:

- wytrzymałość na obciążenia i odkształcenia (szczególnie przydatne na terenach szkód górniczych),
- łatwość montażu i ułożenia,
- odporność na działanie środowiska,
- trwałość.



Fot. 5.1. Przenikanie wody do wnętrza rury drenarskiej



Fot. 5.2. Rury drenarskie z widocznymi otworami.

W praktyce można jeszcze spotkać ciągi drenarskie wykonane z rur betonowych.

#### **5.4.5.2 Materiał filtracyjny**

**Filtr ziarnisty** podtrzymuje rurę w wykopie, gromadzi przefiltrowaną wodę i odprowadza ją do rury oraz zapobiega zamulaniu kanału. Filtr musi przepuszczać pewną część najdrobniejszych frakcji gruntu, aby nie doszło do jego samozatkania się. Stosowane kruszywo powinno być czyste, twarde, o odpowiednim uziarnieniu, aby zapewnić sprawne odprowadzenie wody. Mieszanka mineralna powinna spełniać regułę filtracji Terzaghi'ego, którą możemy zapisać wzorem [11]:

$$u = \frac{d_{15}}{d_{85}} \leq 4 \quad (5.3)$$

gdzie:

$u$  - współczynnik różnorodności uziarnienia,

$d_{15}$  - wymiar sita, przez które przechodzi 15% ziaren kruszywa użytego do filtra [m],

$d_{85}$  - wymiar sita, przez które przechodzi 85% ziaren gruntu podłoża [m].

W budownictwie drogowym, zależnie od potrzeb, stosuje się filtry mineralne jedno i wielostopniowe, przy czym grubość pojedynczej warstwy nie może być mniejsza niż 20 cm. W gruntach zwięzłych jako drugą warstwę filtra można stosować geowłókninę.

#### 5.4.5.3 Geowłóknina

Geowłókninę stosuje się w celu zapewnienia stabilności filtra mineralnego oraz oczyszczenia wody przy przejściu do systemu odwodnienia wgłębnego. Dobór odpowiedniego rodzaju geowłókniny uzależniony jest od rodzaju gruntu w jakim ma być wykorzystana, przy uwzględnieniu jej własności hydraulicznych i mechanicznych.

Geowłóknina powinna być odporna na działanie wilgoci, środowiska agresywnego chemicznie i biologicznie oraz temperatury. Powinna być bez rozdarć, dziur i przerw ciągłości z dobrą szczepnością z gruntem drogowym. Wszystkie parametry powinna mieć zgodne z aprobatami technicznymi i zaleceniami Szczegółowych Specyfikacji Technicznych (SST).

#### 5.4.5.4 Rury odprowadzające wodę

Zaleca się stosować rury drenarskie z tworzywa sztucznego spełniające wymagania PN-EN 14364:2006 [41][42] tj.: drewny spiralnie karbowane, perforowane wyprodukowane z materiałów o wymaganej trwałości np.: PVC-U, z filtrem z różnego typu włókien i inne.

#### 5.4.5.5 Studnie kontrolne – funkcje i zadania

Zaleca się, aby przewody drenarskie łączone były w studniach kontrolnych zlokalizowanych w punktach zmiany spadku lub zmiany kierunku przebiegu kanału. Średnica studni powinna być uwarunkowana wymiarem łączonych w niej rur, głębokością posadowienia rur oraz wymaganiami mechanicznymi.

Woda gromadząca się w przewodach drenarskich (fot.5.1, fot.5.2, rys. 5.16) odprowadzana jest do systemu kanalizacji deszczowej (rys.5.17 ÷5.19), który wymaga systematycznego bieżącego utrzymania oraz kontroli i tym celu w wybranych miejscach sieci zaleca się wykonie studni kontrolnych. Po przejściu wykopu w nasyp, w zależności od łącznej grubości konstrukcji nawierzchni oraz projektowanej głębokości rowu, woda z drenażu głębokiego może być odprowadzana do rowów.

## 5.5 Drenaż płytki (warstwy filtracyjne)

Zadaniem drenażu płytkiego jest szybkie przejście wody gromadzącej się w warstwach filtracyjnych nawierzchni, do których zalicza się: podbudowę, warstwę mrozoochronną, odsączającą oraz wzmacniającą podłoże wykonane z materiałów niezwiązanych.

### 5.5.1 Podbudowy niezwiązane

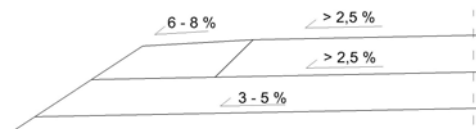
Podbudowy niezwiązane - wykonane z kruszyw bez użycia chemicznych środków wiążących (cement, wapno i inne) – mają parametry zbliżone do warstw filtracyjnych. Odprowadzenie wody z warstwy filtracyjnej nawierzchni, którą stanowi podbudowa niezwiązana, należy zapewnić poprzez wykonanie warstwy odsączającej (pkt 5.4.3) o odpowiednim współczynniku filtracji.

### 5.5.2 Warstwa mrozoochronna

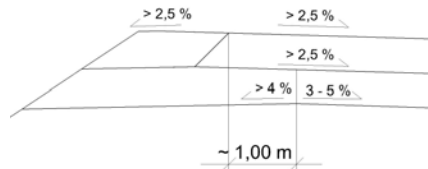
Warstwa mrozoochronna stanowi jedną z warstw ulepszonego podłoża (rys.5.1 oraz rys.5.2). W przekrojach nasypowych zaleca się wykonywanie warstwy mrozoodpornej o parametrach warstwy odsączającej ( $k_f \geq 10\text{-}5$  m/s) na całej szerokości nasypu (rys. 5.2) [11][52][53].

Na rys.5.13 przedstawiono zasady profilowania warstwy mrozoochronnej zależnie od pochylenia poprzecznego warstw nawierzchni na prostej i na łuku kołowym w nasypie.

A\ Przekrój na prostej w nasypie



B\ Przekrój na łuku – krawędź zewnętrzna w nasypie



Rys. 5.13. Wyprofilowanie podłoża pod warstwę mrozoodporną

W przypadkach uzasadnionych zaleca się wykonanie ciągu drenarskiego również w nasypie, poniżej pobocza drogowego (jak w wykopie rys. 5.1) zamiast wyprowadzenia warstwy mrozoochronnej na powierzchnię skarpy nasypu. Są to następujące przypadki:

- 1) przy dużym napływie wody do warstwy mrozoochronnej np. przy nawierzchniach z kostki kamiennej lub betonowej,
- 2) przy zagłębieniach niwelety drogi,
- 3) przy nieprzepuszczalnym materiale podłoża drogowego,
- 4) przy skarpach drogowych wrażliwych na działanie wody, na terenach o częstych okresach niskich temperatur i długim czasie ich trwania.

### 5.5.3 Warstwa odsączająca

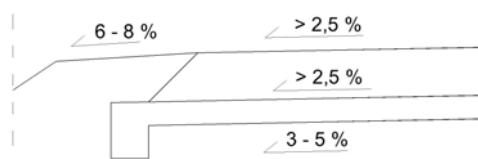
Warstwa odsączająca jest warstwą podłoża sztucznego, której zadaniem jest odprowadzenie wody przedostającej się w głąb konstrukcji nawierzchni drogowej. Stosuje się ją najczęściej, gdy poziom wód gruntowych występuje stale lub okresowo powyżej poziomu naturalnego podłoża gruntowego.

Przepuszczalność materiału zalecanego dla warstwy odsączającej musi być większa od przepuszczalności warstwy leżącej powyżej oraz poniżej. Warstwa odsączająca powinna być wykonana z materiału zapewniającego współczynnik przepływu  $k_f \geq 10^{-5}$  m/s [11][52][53].

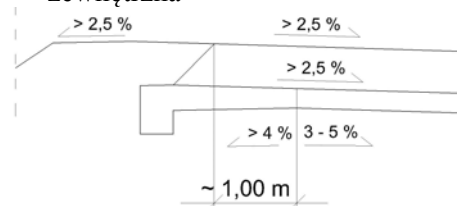
Zaleca się, ustalenie grubości warstwy odsączającej zależnie od kategorii ruchu oraz szerokości jezdni. Minimalna grubość warstwy odsączającej wynosi 20 cm. Podłoże pod warstwą odsączającą powinno być wyprofilowane z pochyleniem poprzecznym 3-5%, ku zewnętrznej krawędzi jezdni (rys. 5.14).

W nowoczesnych rozwiązaniach wodę z warstwy odsączającej odprowadza się do drenów.

A\ Przekrój na prostej



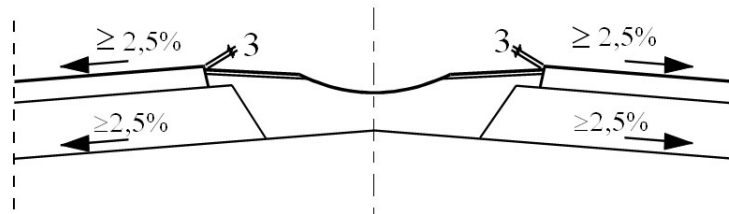
B\ Przekrój na łuku – krawędź zewnętrzna



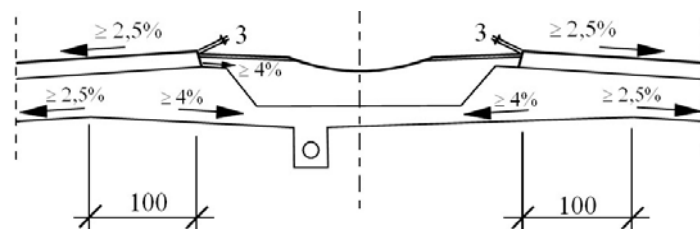
Rys.5.14. Wyprofilowanie podłoża pod warstwą odsączającą

W przypadku stosowania w przekroju drogi nie umocnionego pasa dzielącego zaleca się stosować rozwiązania wg rys. 5.17 - 5.21.

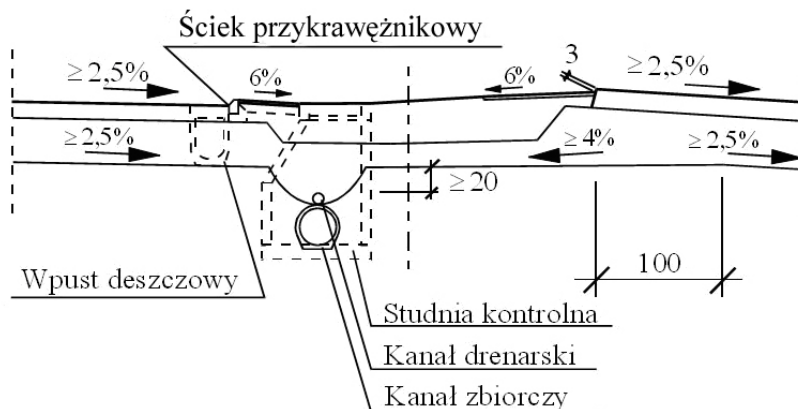
Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych



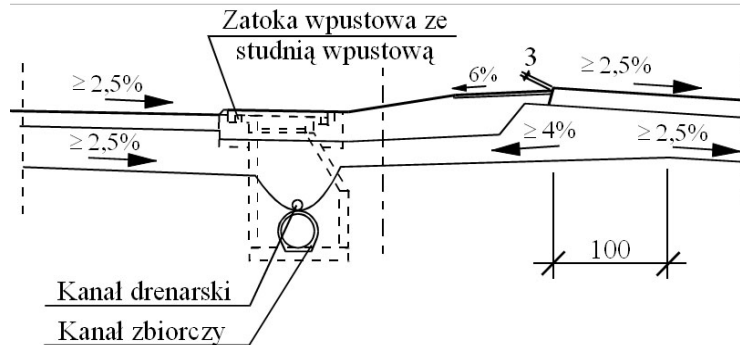
Rys. 5.15. Pas dzielący z muldą bez drenażu. Spadek obu jezdni wykonany jest od środka ku poboczom przy podłożu o dostatecznej przepuszczalności



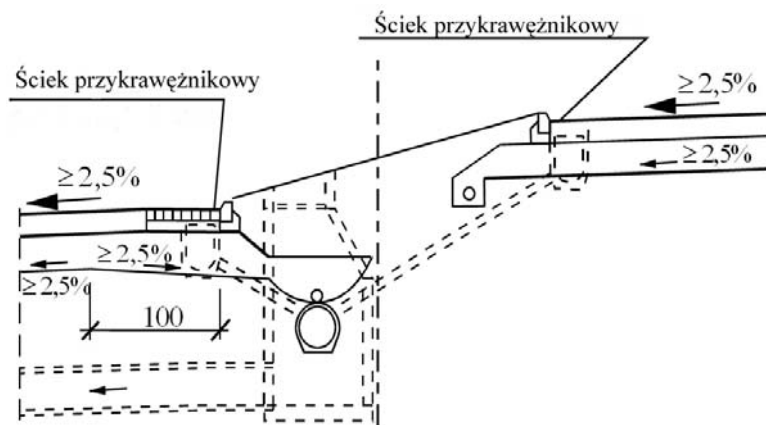
Rys. 5.16. Pas dzielący z muldą i drenażem zwykłym przy odśrodkowym spadku jezdni



Rys. 5.17. Pas dzielący bez muldy i z drenażem kombinowanym. Jednokierunkowy spadek obu jezdni z odwodnieniem ściekiem przykrawężnikowym zwykłym z wpustami deszczowymi [11].



Rys. 5.18. Pas dzielący bez muldy i z drenażem kombinowanym. Jednokierunkowy spadek obu jezdni z odwodnieniem ściekiem przykrawężnikowym zwykłym ze studniami wpustowymi w zatokach odwodnieniowych w obrębie pasa.

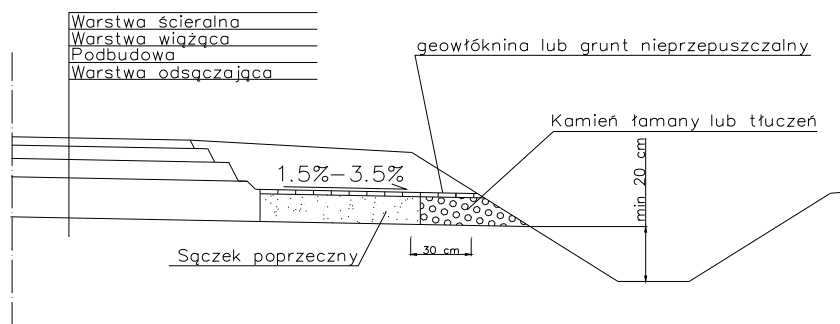


Rys. 5.19. Pas dzielący o dużym pochyleniu poprzecznym z drenażem kombinowanym. Jednokierunkowy spadek obu jezdni z odwodnieniem ściekiem przykrawężnikowym zwykłym z wpustami deszczowymi dla jezdni wyżej położonej

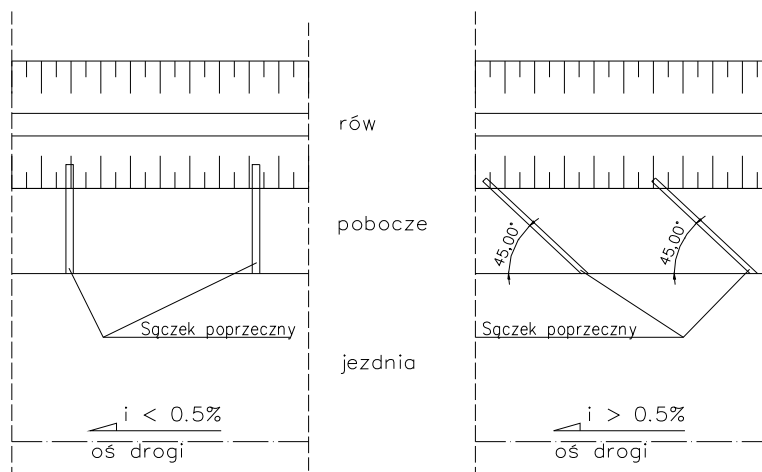
Ódprowadzenie wody z warstwy odsączającej w wykopie może odbywać się za pomocą:

- drenażu ułożonego na krawędzi warstwy (w obrębie pobocza –rys.5.14 lub w pasie rozdziału rys. 5.16÷ 5.19, (obliczenia zawiera punkt 3.7),
- sączków poprzecznych odprowadzających wodę z warstwy odsączającej do rowu ( rys. 5.20).

PRZEKRÓJ POPRZECZNY SĄCZKA POPRZECZNEGO



USYTUOWANIE SĄCZKA POPRZECZNEGO



Rys. 5.20. Odprowadzenie wody z warstwy odsączającej przy pomocy sączków poprzecznych .

Odprowadzenie wody z warstwy odsączającej przy pomocy sączków poprzecznych zaleca się dla dróg o małym obciążeniu ruchem. [8][28]

#### 5.5.4 Warstwa wzmacniająca podłoże

Warstwa wzmacniająca podłoże ma za zadanie doprowadzenie nośności podłoża  $G$  do wymaganej nośności  $GI$ . Do wykonania warstwy stosuje się materiały niezwiązane (różnego rodzaju kruszywa naturalne lub odpadowe) oraz materiały związane cementem lub wapnem itp.



Wykonanie warstwy wzmacniającej podłoże z materiałów sypkich wymaga zastosowania gruntu (lub innego materiału) o odpowiednim współczynniku filtracji  $k_f$ , w celu zagwarantowania szybkiego odprowadzenie wody opadowej przenikającej do warstwy [11][45].

Wzmocnienie podłoża o trudnych warunkach gruntowo-wodnych (nośność  $G1 < G4$ ) należy projektować indywidualnie.

### **5.5.5 Warstwa odcinająca**

Zadaniem warstwy odcinającej jest uniemożliwienie przenikania cząstek pylastych i ilastych, z podłoża wysadzinowego lub niepewnego, do warstw niezwiązanych leżących powyżej (wzmacniająca, mrozoochronna i inne). Wymaga się stosowania warstwy odcinającej, gdy - nie jest spełniony warunek [11]:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \quad (5.4)$$

gdzie:

$D_{15}$  - wymiar sita, przez które przechodzi 15% ziarn warstwy odcinającej lub odsączającej,

$d_{85}$  - wymiar sita, przez które przechodzi 85% ziarn gruntu podłoża.

Warstwę odcinającą zaleca się wykonywać z następujących materiałów:

- A) geowłóknin o odpowiednich parametrach,
- B) materiałów sypkich o odpowiednich parametrach.

Obecnie ze względów praktycznych zaleca się stosowanie materiałów z grupy „A” ponieważ asortyment geowłóknin o wymaganych parametrach jest ogólnie dostępny w bardzo szerokim asortymencie w sprzedaży w przeciwieństwie do piasku o wymaganym uziarnieniu wg wzoru (5.5).

Zaleca się stosować na warstwę odcinającą geowłókninę o parametrach rozdzielająco – wzmacniających, dobraną do przewidywanego obciążenia ruchem, która uniemożliwi przenikanie cząstek pylastych i ilastych z podłoża do warstw nawierzchni i wzmocni podłoże.

## **5.6 odwodnienie w obszarze wód chronionych**

### **5.6.1 Uregulowania prawne**

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w Rozporządzeniach [52][53] w fazie projektowania i budowy dróg należy ograniczać zmiany i zakłócenia w stosunkach wodnych w strefie wpływu drogi na środowisko.

Dopuszczalne oddziaływania na środowisko należy określić uwzględniając przepisy prawa wodnego oraz naruszania powierzchniowych utworów geologicznych.

Prognozowane poziomy zanieczyszczenia wód i gleb nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnych, określonych w obowiązujących przepisach. Powinno się przewidzieć zastosowanie odpowiednich środków ochrony eliminujących lub ograniczających skutki działania zanieczyszczeń.

Zgodnie z Ustawą [53] należy projektować indywidualne rozwiązania urządzeń odwadniających uwzględniające specyficzne warunki otoczenia i podłoża na terenie chronionym, w niekorzystnych warunkach gruntowo-wodnych, w terenie górskim, na obszarach osuwiskowych i w obszarze szkód górniczych.

### **5.6.2 Uszczelnienie korpusu drogowego**

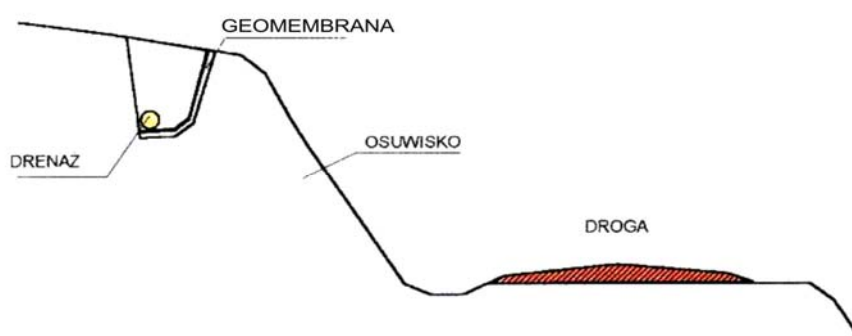
Uszczelnienia korpusu drogowego zaleca się wykonywać z materiałów nieprzepuszczalnych lub mało przepuszczalnych. Stosuje się w tym celu specjalnej jakości geowłókniny, membrany i geomembrany oraz maty bentonitowe. Materiały te wykorzystywane są w budownictwie komunikacyjnym do:

- zabezpieczania korpusów drogowych przed wodą gruntową,
- izolacji wodochronnych ścian oporowych, przyczółków i tuneli komunikacyjnych,
- uszczelniania rowów odwadniających przy korpusach dróg, na zboczach i na skarpach (Rys. 5.21),
- wykonywania przepustów dla cieków wodnych, przejść dla rurociągów itp.,
- budowy zbiorników oczyszczających dla wód zbieranych z autostrad,
- wzmacniania i ochrony podłoża gruntowego przed przenikaniem wód opadowych,
- umacniania nasypów drogowych,
- wykonywania warstw separacyjnych między gruntem drobnoziarnistym a gruntem ilastym, pylastym, gliniastym itp.

### 5.6.3 Przykłady zastosowań

Do uszczelnienia rowów i korpusu drogowego w obszarze poboru wód pitnych zaleca się membranę tłoczoną łatwą w montażu [12].

Przykłady polskich obiektów (fot 5.3, fot. 5.4), przy budowie, których wykorzystano właściwości izolacyjne i uszczelniające geomembran, przedstawiono na rys.5.21



Rys. 5.21. Szkic sposobu zastosowania geomembrany do uszczelnienia rowu drenującego na zboczu osuwiska dla zabezpieczenia przed osuwaniem się gruntu

## 5.7 Zbiorniki infiltracyjne oraz retencyjno-infiltracyjne

### 5.7.1 Określenia podstawowe

**Infiltracja** – wsiąkanie wody w głąb skorupy ziemskiej,

**Wielkość infiltracji** – zależy od: rodzaju gruntu podłoża,

**Urządzenia chłonne** – mają za zadanie wchłanianie wód powierzchniowych,

**Zbiornik infiltracyjny** - zbiornik przeznaczony do odprowadzenia wody powierzchniowej do gruntu,

**Retencja** – czasowe zatrzymanie opadu atmosferycznego w obszarze zlewni w zbiornikach, ciekach, bagnach i lodowcach (pkt.: 3.3),

**Zbiornik retencyjny** – umożliwia zatrzymanie części spływu w okresie największych opadów deszczu i stopniowe odprowadzenie wód opadowych do odbiornika lub systemu odwodnienia o mniejszej przepustowości.

**Rów infiltracyjny** – można zastosować do ujęcia i odprowadzenia wody z warstwy podłoża gruntowego znajdującego się bezpośrednio pod warstwami konstrukcji nawierzchni.

### **5.7.2 Zakres stosowania i klasyfikacja**

Zbiornik infiltracyjny stosuje się, gdy odwadniana powierzchnia ma od 2 ha do 8 ha, a grunt do głębokości 1,5 m poniżej dna zbiornika zapewnia szybkość filtracji, co najmniej 1,25 cm/h i znajduje się powyżej poziomu wody gruntowej.

Zaleca się, aby grunty rodzime, do których odprowadzane są wody opadowe miały współczynnik filtracji w gruntach rodzimych wynosił  $5 \cdot 10^{-3}$  –  $5 \cdot 10^{-5}$  [m/s]. Zaleca się aby dno i skarpy zbiorników filtracyjnych obsiać mieszkanką traw dla stanowisk mokrych i podtopionych.

Zbiorniki filtracyjne zaleca się ogrodzić i zabezpieczyć przed dostaniem się osób niepowołanych.

Na obszarach szczególnej ochrony wód podziemnych nie należy lokalizować zbiorników infiltracyjnych. W przypadku uzasadnionej konieczności wykonania zbiornika, w celu uniknięcia przenikania ścieków deszczowych w głąb podłoża gruntowego, należy stosować uszczelnienia w postaci geomembran, ekranów ilowych itp.

Przydrożne zbiorniki infiltracyjne stosuje się w celu:

- a) zastąpienia studni chłonnych,
- b) ze względów ekologicznych.
- c) do odprowadzania ścieków opadowych do gruntu po ich uprzednim podczyszczeniu w przypowierzchniowych warstwach gruntu w dnie zbiornika na terenach o gruntach dobrze i średnio przepuszczalnych.

### **5.7.3 Wymagania**

Wymagany poziom powierzchni dna zbiornika powinien być zaznaczony w sposób trwały. Miejsce dopływu wody do zbiornika powinno być tak skonstruowane, aby zabezpieczyć powierzchnię (żwirową lub piaskową) dna zbiornika przed rozmyciem.

Własności filtracyjne podziemnej części zbiornika z uwzględnieniem zamulania jego dna powinny zapewnić odprowadzenie do gruntu napływających i magazynowanych wód w obliczeniowym okresie 1 roku.

W czasie użytkowania należy czyścić dno zbiornika z osadów oraz wymienić zamuloną warstwę ochronną. Warstwa osadu na dnie zbiornika nie powinna być grubsza od 10 cm.

Zasady wymiarowania zbiorników infiltracyjnych oraz retencyjno-infiltracyjnych zostały szczegółowo omówione w książce R. Edla [11] oraz [55]

#### **5.7.4 Zalecenia materiałowe**

Zbiornik infiltracyjny składa się z:

- części nadziemnej kształtowanej tak jak zbiorniki retencyjne lub odparowujące,
- części podziemnej z warstw filtracyjnych ze żwiru o uziarnieniu od 2 mm do 8 mm przykrytych warstwą ochronną ze żwiru lub piasku grubego o grubości minimum 10 cm z przekładką ochronną z geowłókniny filtracyjnej (wymienianą okresowo).

Materiały sypkie służące do budowy zbiorników infiltracyjnych powinny odpowiadać wymaganiom wg: PN-B-01080:1984, PN-B-01100:1987, PN-B-04120:1988 oraz PN-B-06714-15:1991.

#### **5.7.5 Wymagania przy obiorze**

W okresie budowy oraz odbiorze technicznym nowo wybudowanych zbiorników infiltracyjnych należy sprawdzić:

- lokalizację i zgodność wymiarów zbiornika z projektem,
- prawidłowość wykonania poszczególnych warstw (filtracyjnej i ochronnej);
- pochylenie podłużne dna,
- pochylenie skarp - co najmniej raz na każde 20 m; dopuszczalne odchyłki wynoszą  $\pm 2,0$  cm na każdy metr podstawy skarpy;
- prawidłowość wykonania wlotu i przelewu.

#### **5.7.6 Wymagania w okresie eksploatacji**

W czasie użytkowania należy okresowo czyścić dno zbiornika z osadów oraz wymieniać zamuloną warstwę ochronną warstwa osadu na dnie zbiornika nie powinna być grubsza od 10,0 cm.

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---



Fot. 5.3. Zbiornik infiltracyjny



Fot. 5.4. Zbiornik retencyjno - filtracyjny

## **6 KANALIZACJA DESZCZOWA**

### **6.1 Przedmiot, cel i zakres opracowania**

Przedmiotem Zaleceń są wymagania techniczne i wytyczne projektowania, budowy i utrzymania grawitacyjnej kanalizacji deszczowej, zlokalizowanej w pasie drogowym.

Celem opracowania jest zestawienie i ujednoczenie zasad projektowania i budowy kanalizacji deszczowej oraz sformułowanie zaleceń odnośnie jej eksploatacji.

Zalecenia dotyczą kanalizacji deszczowej wykonanej z tworzyw sztucznych (PE, PVC, PP), żywic poliestrowych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP), żeliwa sferoidalnego, kamionki, polimerobetonu, betonu i żelbetu.

W Zaleceniach podano:

- charakterystykę systemów odprowadzania ścieków opadowych do odbiorników oraz charakterystykę zanieczyszczeń zawartych w tych ściekach,
- wymagania techniczne dotyczące kanalizacji deszczowej,
- podstawy projektowania kanalizacji deszczowej, z uwzględnieniem hydraulicznego wymiarowania przewodów oraz analizy statyczno-wytrzymałościowej,
- kryteria doboru materiałów,
- wymagania dotyczące wykonania, odbioru i utrzymania kanalizacji deszczowej,
- charakterystykę wpływu podziemnej eksploatacji górniczej na warunki funkcjonowania kanalizacji deszczowej.
- podstawy projektowania kanalizacji deszczowej oraz charakterystykę wyrobów zalecanych do stosowania na terenach górniczych.

Zalecenia są przeznaczone do stosowania przez administrację drogową, jednostki projektowe oraz jednostki wykonawcze w planowaniu, projektowaniu, budowie, nadzorze i utrzymaniu kanalizacji deszczowej.

Zalecenia należy stosować łącznie z aktualnymi normami, rozporządzeniami i przepisami technicznymi.

### **6.2 Określenia podstawowe**

**Kanalizacja deszczowa** – zewnętrzna, podziemna sieć kanalizacyjna przeznaczona do odprowadzenia ścieków opadowych.



### **Kanały**

**Kanał** – liniowa budowla przeznaczona do grawitacyjnego odprowadzania ścieków.

**Kanał deszczowy** – kanał przeznaczony do odprowadzania ścieków opadowych.

**Przykanalik** – kanał łączący wpust deszczowy z siecią kanalizacji np. deszczowej.

**Kanał zbiorczy** – kanał zbierający ścieki, z co najmniej dwóch kanałów bocznych.

**Kolektor główny** – kanał zbierający ścieki z kanałów oraz kanałów zbiorczych i odprowadzający je do odbiornika.

**Kanał przelazowy** – zamknięty kanał o wewnętrznej, minimalnej wysokości równej 1,0 m.

**Kanał nieprzelazowy** – zamknięty kanał o wewnętrznej wysokości mniejszej niż 1,0 m.

### **Uzbrojenie sieci**

**Studzienka kanalizacyjna** – studzienka rewizyjna przeznaczona do kontroli i prawidłowej eksploatacji kanałów.

**Studzienka przelotowa** – studzienka zlokalizowana na załamaniach osi kanału w planie, na załamaniach spadku i na odcinkach prostych.

**Studzienka połączeniowa** – studzienka kanalizacyjna łącząca co najmniej dwa kanały dopływowe w jeden kanał odpływowy.

**Studzienka kaskadowa** (spadowa zewnętrzna) – studzienka kanalizacyjna z dodatkowym, pionowym przewodem umożliwiającym wytracenie nadmiaru energii ścieków płynących z wyżej położonego kanału dopływowego do niżej położonego kanału odpływowego.

**Studzienka bezwłazowa** – kanalizacyjna studzienka połączeniowa przykryta stropem bez wjazdu.

**Komora kanalizacyjna** – komora rewizyjna na kanale przelazowym, przeznaczona do kontroli i prawidłowej eksploatacji kanałów.

**Komora połączeniowa** – komora kanalizacyjna łącząca co najmniej dwa kanały dopływowe w jeden kanał odpływowy.

**Komora kaskadowa** (spadowa wewnętrzna) – komora kanalizacyjna z pochylnią i zagłębieniem dna umożliwiającymi wytracenie nadmiaru energii ścieków płynących z wyżej położonego kanału dopływowego.



**Wylot ścieków** – element na końcu kanału odprowadzającego ścieki do odbiornika.

**Przejście syfonowe** – jeden lub więcej zamkniętych przewodów kanalizacyjnych pracujących pod ciśnieniem, umożliwiające przepływ ścieków pod przeszkodą na trasie kanału.

**Wpust deszczowy** – urządzenie do odbioru ścieków opadowych, spływających do kanału z utwardzonych powierzchni terenu.

#### **Elementy studzienek i komór**

**Komora robocza** – zasadnicza część komory lub studzienki przeznaczona do czynności eksploatacyjnych. Wysokość komory roboczej – odległość między dolną powierzchnią płyty lub innego elementu przekrywającego do spocznika.

**Komin włazowy** – szyb łączący komorę roboczą z powierzchnią terenu, umożliwiające zejście obsługi do wnętrza komory roboczej.

**Płyta przekrycia studzienki (komory)** – płyta przekrywająca komorę roboczą.

**Właz kominowy** – element przykrywający podziemne studzienki rewizyjne (komory kanalizacyjne), umożliwiające dostęp do urządzeń kanalizacyjnych.

**Kineta** – koryto przepływowe w dnie studzienki, umożliwiające przepływ ścieków przez studzienkę.

**Spocznik** – element dna studzienki (komory) między kinetą a ścianą.

**Podłoże naturalne** – podłoże z drobnoziarnistego gruntu.

**Podłoże naturalne z podsypką** – podłoże naturalne z gruntu twardego (np. skalistego) z podsypką z drobnoziarnistego gruntu lub z określonym rodzajem podsypki, zgodnym z warunkami technicznymi producenta rur.

**Podłoże wzmocnione** – podłoże wzmocnione poprzez wymianę słabego gruntu na piasek lub żwir, wykonanie ławy betonowej lub innej specjalnej konstrukcji.

**Podsypka** – materiał gruntowy między dnem wykopu a przewodem kanalizacyjnym i obsypką.

**Obsypka** – materiał gruntowy otaczający przewód kanalizacyjny, usytuowany między podłożem lub podsypką a zasypką wstępną.

**Zasypka wstępna** – warstwa materiału gruntowego tuż nad wierzchem rury.

**Zasypka główna** – warstwa materiału gruntowego między powierzchnią zasypki wstępnej a powierzchnią terenu.

**Średnica nominalna (DN)** – liczbowe oznaczenie wymiaru rury, w przybliżeniu równe średnicy rzeczywistej w mm. Średnica nominalna może się odnosić do średnicy wewnętrznej (**DN/ID**) lub zewnętrznej (**DN/OD**).

**Oddziaływania górnicze** – wymuszone odkształcenia lub drgania podłoża budowli spowodowane wpływem podziemnej eksploatacji.

Pozostałe podstawowe określenia są zgodne z odpowiednimi polskimi normami [41].

### **6.3 Charakterystyka systemów do odprowadzania ścieków opadowych**

Wody opadowe i roztopowe, pochodzące z zanieczyszczonych powierzchni szczelnych, m.in. dróg i parkingów, traktowane są zgodnie z Prawem wodnym (Dz.U. z 2001 r. Nr 115, poz. 1229) jako ścieki. Szczegółowe warunki odprowadzania ścieków, w tym najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń ścieków opadowych odprowadzanych z dróg krajowych, wojewódzkich oraz powiatowych klasy G, parkingów o powierzchni powyżej 0,1 ha oraz obiektów dystrybucji paliw płynnych podano w [51]. Do oczyszczania i podczyszczania wód deszczowych stosuje się zamknięte lub otwarte koryta filtracyjne z substratem, urządzenia z materiałem aktywnym umieszczone we wpustach ulicznych, separatory piasku, separatory lamelowe, separatory koalescencyjne, osadniki wód deszczowych i stawy sedymentacyjne.

Ścieki opadowe są przyjmowane za pomocą ulicznych wpustów deszczowych i przykanalikami kierowane do kanałów deszczowych. Kanały te mogą przyjmować także wody z rowów przydrożnych poprzez studnie kontrolno-wpadowe, usytuowane w najniższym punkcie dna rowu. Do kanałów kierowane są także wody z odwodnienia wglębnego [8], [11], [20], [61], [62].

Ścieki opadowe mogą być odprowadzane za pomocą systemów:

- **kanalizacji ogólnospławnej** – łączne odprowadzenie ścieków bytowo-przemysłowych i deszczowych (rozwiązanie niezalecane),
- **kanalizacji rozdzielczej** – wody opadowe odprowadzane są przewodami kanalizacji deszczowej, niezależnie od ścieków bytowo-przemysłowych usuwanych oddzielnym układem przewodów,
- **kanalizacji półrozdzielczej** – kanalizacja rozdzielcza o ograniczonej przepustowości z zabudowanymi separatorami, umożliwiającymi przechwytywanie zwiększonej ilości ścieków deszczowych wraz z rozcieńczonymi ściekami komunalnymi do kanałów deszczowoburzowych. Jest to system stosowany stosunkowo rzadko.

**Kanalizację deszczową** należy wykonać wówczas, gdy nie ma możliwości odprowadzenia wód opadowych za pomocą urządzeń do powierzchniowego odwodnienia lub gdy wymagają tego przepisy dotyczące ochrony środowiska. Jej zadaniem jest odprowadzenie wód pochodzących z opadów deszczu, roztopionego śniegu lub gradu za pośrednictwem wpustów ulicznych do odbiornika. Kanalizacja deszczowa funkcjonuje w systemie grawitacyjnym lub tłocznym (fragmenty sieci).

Ogólne zasady trasowania kanałów:

- trasy przewodów powinny być prostoliniowe, zaś odprowadzenie ścieków powinno się odbywać grawitacyjnie, możliwie najkrótszą drogą,
- spadki kolektorów powinny być w miarę możliwości zgodne ze spadkami terenu.

Pionowe usytuowanie kanału powinno zapewniać:

- przepływ ścieków z prędkością gwarantującą proces samooczyszczania kanału,
- nieprzekroczenie dopuszczalnej (maksymalnej) wielkości prędkości przepływu ścieków w przewodach,  $v = 7$  [m/s] – zgodnie z [45],
- zachowanie minimalnych i maksymalnych zagłębień kanałów.

Szczegółowe informacje dotyczące usytuowania przewodów kanalizacji deszczowej podano w pkt. 6.4.1.

Zmiany kierunku, średnicy lub pochylenia podłużnego oraz rozgałęzienia kanałów nieprzełazowych powinny się odbywać w obrębie studzienek kanalizacyjnych lub komór kanalizacyjnych, jeśli średnica przewodu jest większa od 800 mm. W wypadku kanałów przełazowych przy każdej zmianie spadku, przekroju lub średnicy kanału należy stosować komory kanalizacyjne. Zmianę trasy kanału przełazowego realizować można dodatkowo łukami o promieniu od 7,5 do 15,0 m. Zalecenia odnośnie rozmieszczenia studzienek rewizyjnych podano w punkcie 6.4.7.

W trasowaniu przewodów należy uwzględnić lokalizację innych urządzeń i budowli podziemnych oraz budowli nadziemnych o głębokich fundamentach.

Wyloty kanałów do odbiornika naturalnego – cieku, rowu powinny być zabezpieczone klapą zwrotną. Zaleca się umocnienie skarp odbiorników naturalnych przy wylotach kanałów.

## **6.4 Kanalizacja deszczowa zlokalizowana w pasie drogowym**

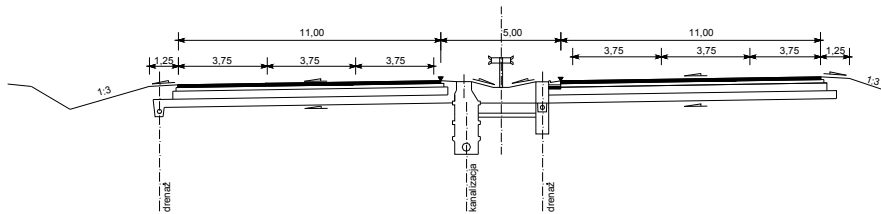
### **6.4.1 Usytuowanie przewodu**

**W terenie zabudowanym** kolektor kanalizacji deszczowej powinien być usytuowany w liniach rozgraniczających ulic, poza jezdniami lub w liniach rozgraniczających specjalnie wydzielonych pasów technicznych. Lokalizowanie kanału pod jezdnią jest dopuszczone jedynie w wypadku ulic zbiorczych, lokalnych i dojazdowych, gdy kanał służy odwodnieniu tych ulic. W wypadku prowadzenia kanałów pod jezdniami studzienki rewizyjne powinny być usytuowane w osi jezdni. W ulicach zabudowanych obustronnie, o szerokości ponad 30 m w liniach rozgraniczających, drugorzędna sieć kanalizacyjna (kanały boczne) powinna być ułożona obustronnie. Wskazane jest, aby linia przebiegu tras tych kanałów była równoległa do regulacyjnej linii ulicy. Przewody należy sytuować zagłębiając je w kierunku osi ulicy.

Odległość osi kolektora w planie od obiektu budowlanego powinna zabezpieczać przed możliwością naruszenia stabilności gruntu pod fundamentami obiektu budowlanego podczas wykonywania prac eksploatacyjnych w otwartym wykopie.

**W terenie niezabudowanym** kolektor kanalizacji deszczowej powinien być usytuowany następująco:

1. na autostradzie – w pasie dzielącym. W uzasadnionych wypadkach dopuszcza się inną lokalizację, w szczególności ze względu na zagospodarowanie korony autostrady lub otoczenia,
2. na drodze dwujezdniowej – w pasie dzielącym lub innym uzasadnionym technicznie miejscu poza jezdnią (rys. 6.1),
3. na drodze jednojezdniowej – pod chodnikiem, pasem zieleni, poboczem lub poza koroną drogi, jeśli uzasadniają to względy zagospodarowania pasa drogowego.
4. na drogach klasy Z i drogach niższych klas oraz na przebudowywanym albo remontowanym odcinku drogi klasy GP lub G – dopuszcza się usytuowanie kolektora kanalizacji deszczowej pod jezdnią. Studzienki rewizyjne powinny być usytuowane w miejscu najmniej narażonym na działanie kół pojazdów.



Rys. 6.1. Przykładowe rozmieszczenie przewodów kanalizacyjnych w obrębie drogi dwujezdniowej.

#### 6.4.2 Odległości między przewodami i obiektami

Przewody grawitacyjnej kanalizacji deszczowej powinny być usytuowane z zachowaniem następujących minimalnych odległości od obiektów budowlanych [53], [65]:

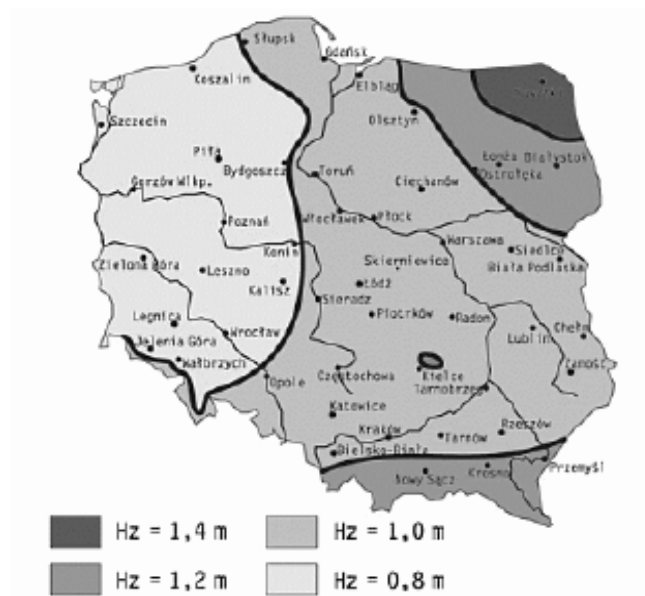
- budynki, linia zabudowy – 4,0 m
- ogrodzenia, linie rozgraniczające – 1,5 m
- mosty, wiadukty – 4,0 m
- drogi – 0,8 m
- jezdnie ulic – 1,2 m
- tory tramwajowe – 2,0 m
- przewody wodociągowe – 1,2 m ( $DN \leq 300$ ); 1,4 m ( $300 < DN \leq 500$ ); 1,7 m ( $DN > 500$ )
- sieci gazowe – w zależności od średnicy gazociągu i ciśnienia nominalnego  $p_n$ :
  - przy  $0,4 \text{ MPa} < p_n < 1,2 \text{ MPa}$  – 1,0 m ( $DN \leq 300$ ); 3,0 m ( $DN > 300$ )
  - przy  $1,2 \text{ MPa} \leq p_n < 2,5 \text{ MPa}$  – 1,0 m ( $DN \leq 300$ ); 5,0 m ( $DN > 300$ )
  - przy  $2,5 \text{ MPa} \leq p_n < 10,0 \text{ MPa}$  – 5,0 m ( $DN \leq 300$ ); 7,0 m ( $300 < DN \leq 500$ ); 8,0 m ( $500 < DN \leq 800$ ); 8,0 m ( $DN > 800$ )
- sieci ciepłownicze – 1,4 m (kanałowe); 1,2 m (preizolowane)
- linie energetyczne kablowe – 0,8 m (kablowe); 1,0 m (słupowe)
- linie teletechniczne kablowe – 0,8 m (kablowe); 1,0 m (słupowe)

Minimalna odległość od istniejących drzew wynosi 2,0 m, zaś od drzew stanowiących pomniki przyrody – 15,0 m.

#### 6.4.3 Głębokość ułożenia przewodów

Przewody kanalizacyjne powinny być ułożone w gruncie, z zachowaniem minimalnej głębokości przekrycia  $h_{min}$ , liczonej od górnej tworzącej przewodu do powierzchni terenu, nie mniejszej niż głębokość przemarzania gruntu  $h_z$

powiększonej o 0,20 m. W uzasadnionych wypadkach tak wyznaczoną głębokość przekrycia  $h_{min}$  można zmniejszyć, lecz nie więcej niż o 0,1 m. W miejscu gdzie kanał ułożony jest w strefie przemarzania gruntu, (np. skrzyżowanie z rowem przydrożnym) zaleca się ocieplić przewód – np. keramzytem. Strefy przemarzania gruntu oraz odpowiadające im głębokości przemarzania gruntu  $h_z$  (rys. 6.2) określa norma PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.



Rys. 6.2. Strefy przemarzania gruntu

Warstwa gruntu, przykrywająca przewód powinna także zapewnić jego ochronę przed uszkodzeniami wynikającymi z działania obciążeń zewnętrznych. Nośność konstrukcji rurowej powinna zapewnić bezpieczny przejazd pojazdów ciężkich. W takim wypadku wymagane jest przeprowadzenie obliczeń sprawdzających.

Minimalne zagłębienie kanału ułożonego pod nawierzchnią drogową powinno wynosić 1,4 m, o ile przewód nie jest zabezpieczony dodatkową konstrukcją. Maksymalne zagłębienie nie powinno przekraczać 8 – 10 m.

Ułożenie przewodów kanalizacyjnych nad poziomem terenu jest dopuszczone jedynie w szczególnych wypadkach, np. przy przekraczaniu przeszkód terenowych.

#### 6.4.4 Średnice i spadki przewodów

Do budowy kanalizacji deszczowej stosuje się najczęściej przewody o przekroju kołowym, rzadziej o przekroju jajowym i jajowym podwyższonym. Minimalne średnice wewnętrzne kanałów deszczowych stosowanych w drogownictwie wynoszą [45]:

- w terenach pozamiejskich – DN 200 mm,
- w terenach miejskich – DN 250 mm,
- w pasie autostradowym – DN 300 mm.

Ze względów ekonomicznych zaleca się stosowanie minimalnej średnicy DN 300.

Spadek kanału jest zależny od rzeźby terenu i usytuowania odbiornika. Wartość spadku powinna zawierać się między wartościami minimalnymi i maksymalnymi, związanymi odpowiednio z minimalnymi i maksymalnymi wartościami prędkości przepływu.

Minimalny spadek kanału deszczowego jest zależny od średnicy. Wstępnie może być oszacowany tak, aby naprężenie ścinające na granicy kanał - woda deszczowa w czasie przepływu obliczeniowego wynosiło, co najmniej  $2,5 \text{ N/m}^2$ . Minimalne spadki drogowej kanalizacji deszczowej podano w tab. 6.1.

**Tablica 6.1. Minimalne spadki drogowej kanalizacji deszczowej [45]**

Średnica kanału [mm]	Minimalny spadek [%]
200	0,5
250	0,4
300 i większe	0,3

Minimalny spadek powinien zapewnić dopuszczalne minimalne prędkości przepływu, zapewniające samooczyszczenie kanału.

Maksymalny spadek należy dobrać tak, aby największe prędkości przepływu nie przekraczały  $7 \text{ m/s}$  [45]. Spadek przewodów o średnicy 300 mm nie powinien przekraczać 3,0%, zaś przewodów o średnicy 1000 mm i większych nie powinien przekraczać 1,0%. Wartości spadków dla pośrednich średnic należy interpolować [53].

Maksymalne spadki kanału wynikają z ograniczenia dopuszczalnych prędkości przepływu, istotnych z punktu widzenia trwałości kanałów. Producenci rur podają w katalogach swoich wyrobów wartości maksymalnych spadków dla rur ze stosowanych materiałów.

#### **6.4.5 Prędkości przepływu**

Prędkość przepływu ścieków przy danym spadku zależy od średnicy kanału i jego napełnienia. W kanałach deszczowych prędkość ta nie powinna być mniejsza niż 0,5 m/s [53]. Przy mniejszych prędkościach przepływu należy przewidzieć możliwość okresowego płukania sieci. Przy prędkości poniżej 0,3 m/s następuje odkładanie piasku i zamulenie kanału [11].

Maksymalna dopuszczalna prędkość przepływu ścieków deszczowych w kanałach wynosi 7 m/s [45]. Ograniczenie to jest związane z wytrzymałością materiałów stosowanych do budowy sieci kanalizacyjnej. Szczegółowe informacje o dopuszczalnej prędkości przepływu w rurach podane są przez producentów w katalogach rur kanalizacyjnych.

#### **6.4.6 Wpusty deszczowe i przykanaliki**

Wody opadowe z powierzchni komunikacyjnych dostają się do kanałów deszczowych lub ogólnospławnych poprzez wpusty ściekowe i przykanaliki. Lokalizacja wpustów wynika z rozwiązania drogowego. Informacje odnośnie rozmieszczenia wpustów deszczowych podano w rozdz. 4 niniejszych Zaleceń oraz w opracowaniach [65] i [11].

Przykanaliki powinny być trasowane prostymi odcinkami, pod kątem  $45^{\circ}$  ÷  $90^{\circ}$  w stosunku do osi kanału (kątem zalecany  $\sim 60^{\circ}$ ).

Minimalna wewnętrzna średnica pojedynczego przykanalika o długości nie przekraczającej 12,0 m wynosi 150 mm, a w pozostałych wypadkach – 200 mm.

Spadek przykanalika powinien być stały na jego długości. Minimalny spadek przykanalika wynosi 2%, zaś maksymalny 40% [65].

Długość przykanalika nie powinna być większa od 20,0 m, zaś jego napełnienie nie powinno przekraczać połowy średnicy [32], [65].

#### **6.4.7 Rozmieszczenie studzienek kanalizacyjnych**

Studzienki kanalizacyjne, z uwagi na funkcję w systemie odwodnienia, klasyfikowane są jako połączeniowe (włączenie przewodów pod różnymi kątami), rewizyjne (umożliwiają prace kontrolne i eksploatacyjne) oraz kaskadowe (służą do zmniejszenia prędkości przepływu).

Należy je stosować w miejscach zmiany kierunku, średnicy lub podłużnego pochylenia kanału a także w miejscach rozgałęzień lub połączeń



kanałów. Na prostych odcinkach przewodów studzienki rewizyjne powinny być rozmieszczone w maksymalnych odległościach [22]:

- 50 ÷ 60 m – na przewodach o średnicy 200 ÷ 250 mm,
- 55 ÷ 70 m – na przewodach o średnicy 300 ÷ 350 mm,
- 60 ÷ 70 m – na przewodach o średnicy 400 ÷ 450 mm,
- 65 ÷ 80 m – na przewodach o średnicy 500 ÷ 600 mm,
- 70 ÷ 90 m – na przewodach o średnicy 600 ÷ 1500 mm,
- 100 ÷ 150 m – na przewodach o średnicy DN >1500 mm.

Dopuszczalne odległości między studzienkami rewizyjnymi kanalizacji deszczowej autostrad wynoszą [52]:

- 40 m – na przewodach o średnicy do 600 mm,
- 50 m – na przewodach o średnicy do 800 mm,
- 60 m – na przewodach średnicy do 1000 mm,
- 100 m – na przewodach o średnicy do 1500 mm.

#### **6.4.8 Samooczyszczanie kanałów**

Prędkość samooczyszczania kanałów deszczowych jest prędkością przeciwdziałającą opadaniu zawiesiny i tworzenia się osadów (tzw. prędkość niezamulająca) i powodującą wzruszenie i usunięcie osadów z dna kanału (tzw. prędkość rozmywająca) [11].

Średnią prędkość wymaganą ze względu na zdolność transportową strumienia ścieków określa przekształcony wzór Manninga:

$$v = \frac{I}{n} \cdot R_h^{1/6} \left( \frac{\tau}{\rho \cdot g} \right)^{1/2} \quad (6.1)$$

gdzie:

- $n$  - współczynnik szorstkości,
- $R_h$  - promień hydrauliczny, równy stosunkowi powierzchni czynnego przekroju do obwodu zwilżonego [m],
- $\rho$  - gęstość ścieków zbliżona do gęstości wody,
- $g$  - przyspieszenie ziemskie,
- $\tau$  - naprężenie styczne na zwilżonej powierzchni kanału, związane z siłami tarcia występującymi w czasie przepływu ścieków w kanale.

Naprężenia styczne  $\tau$  określa wzór:

$$\tau = \frac{A}{u} \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (6.2)$$

gdzie:

$A$  – pole poprzecznego przekroju strumienia (czynnego przekroju kanału),

$u$  – obwód zwilżony,

$\alpha$  – kat nachylenia osi kanału do poziomu.

Z prędkością  $v$  związany jest spadek kanału, obliczany jako:

$$i = \frac{\tau}{\rho \cdot g \cdot R_h} \quad (6.3)$$

Oznaczenia – jak wyżej.

Jeśli obliczony wzorem (6.3) spadek  $i$  jest mniejszy od spadku terenu, można zaprojektować kanał ułożony równolegle do powierzchni terenu przy jednoczesnym spełnieniu warunków samooczyszczania kanału.

Sprawdzenie warunków samooczyszczania kanałów deszczowych jest wymagane dla kanałów o wypełnieniu mniejszym od połowy średnicy. Dla takich napełnień naprężenia styczne nie powinny być mniejsze od  $2,5 \text{ N/m}^2$ .

## 6.5 Hydrauliczne wymiarowanie grawitacyjnych przewodów kanalizacyjnych

Obliczenia hydrauliczne kanałów deszczowych wykonuje się metodą granicznych natężeń deszczów, przyjmując następujące założenia:

- przekrój i spadek kanału są stałe na całej jego długości,
- natężenie przepływu na długości odcinka między sąsiednimi studzienkami jest niezmiennie ( $Q = \text{const}$ ),
- zwierciadło ścieków kształtuje się swobodnie,
- prędkości przepływu są jednakowe we wszystkich punktach przekroju strumienia.

Metoda granicznych natężeń deszczów jest oparta na związku między natężeniem deszczu i czasem jego trwania  $q = f(t)$ . Inne metody obliczeniowe, w tym metody oparte na modelowaniu matematycznym, są dopuszczalne pod warunkiem udowodnienia swojej poprawności.

Metoda granicznych natężeń deszczów została szczegółowo omówiona w pkt. 3 niniejszych Zaleceń.

Przebieg obliczeń sieci metodą granicznych natężeń deszczów jest następujący:

- obliczenia rozpoczyna się od górnego odcinka,

- zakłada się średnią prędkość na tym odcinku kanału,
- oblicza się miarodajny czas deszczu  $t_m$ ,
- wstępnie oblicza się miarodajne natężenie opadu deszczu  $q$ ,
- wstępnie oblicza się miarodajny przepływ obliczeniowy  $Q$ ,
- dla obliczonego przepływu  $Q$  i założonego spadku kanału dobiera się przekrój i wymiary kanału oraz oblicza rzeczywistą prędkość  $v$ .

Powyższe czynności powtarza się aż do uzyskania zgodności obliczanych wartości  $t_m$  z dokładnością do co najmniej 5% dla  $t_m < 900$  s lub 10% dla  $t_m > 900$  s. Różnica między prędkością założoną a rzeczywistą nie powinna przekraczać 0,1 m/s.

Kanały deszczowe wymiaruje się jako całkowicie napełnione przy obliczeniowym natężeniu przepływu.

Przy hydraulicznym wymiarowaniu kanałów należy stosować nomogramy do wzorów Chezy'ego i Manninga dla przekrojów kołowych, uwzględniające zależność przepływu od spadku i średnicy oraz krzywe sprawności przekroju kołowego, uzależniające przepływ i prędkość przepływu od wypełnienia kanału. Nomogramy i krzywe sprawności są dostępne w literaturze technicznej lub katalogach producentów rur. Producenci oferują także programy komputerowe do hydraulicznego wymiarowania przewodów.

Orientacyjne wartości współczynnika chropowatości rur  $n$  w zależności od rodzaju materiału podawane są przez producentów w katalogach wyrobów.

## **6.6 Statycznie - wytrzymałościowa analiza grawitacyjnych przewodów ułożonych w gruncie**

### **6.6.1 Założenia obliczeniowe**

Projekt przewodów kanalizacyjnych, jako obiektów budowlanych, powinien być wykonany przez uprawnionego projektanta. W ramach projektu należy wykonać analizę statyczno-wytrzymałościową przewodu rurowego. Analiza taka nie jest konieczna w wypadku przewodów małych średnic (do 300 mm) oraz elementów prefabrykowanych.

### **6.6.2 Klasyfikacja przewodów z uwagi na ich sztywność**

Ze względu na odkształcalność i związaną z tym możliwość współpracy z ośrodkiem gruntowym rurociągi klasyfikuje się jako:

- **sztywne** – przewody nieodkształcalne, wykonane z kamionki, żeliwa, betonu, żelbetu i polimerobetonu,
- **podatne** – przewody odkształcalne, wykonane z tworzyw sztucznych,
- **półsztywne** – konstrukcje pośrednie, wykonane z niektórych tworzyw sztucznych.

Kryterium sztywności przewodu [22] stanowi współczynnik  $n$ :

$$n = \frac{E_g \cdot r_m^3}{E \cdot e^3} \quad (6.4)$$

gdzie

- $E_g$  - moduł odkształcalności gruntu [MPa],  
 $E$  - moduł sprężystości materiału rury [MPa],  
 $e$  - grubość ścianki rury [mm],  
 $r_m$  - średni promień rury wg wzoru 6.5 [mm],

$$r_m = \frac{d_e + d_i}{2} \quad (6.5)$$

gdzie

- $d_e$  - zewnętrzna średnica rury [mm],  
 $d_i$  - wewnętrzna średnica rury [mm].

Przy  $n < 1$  rurociąg traktować można jako **sztywny**, przy  $n = 1$  jako **półsztywny**, zaś przy  $n > 1$  jako **podatny**.

### 6.6.3 Obciążenia

#### 6.6.3.1 Charakterystyka obciążeń

W obliczeniach bezciśnieniowych rurociągów ułożonych w gruncie uwzględnić należy obciążenia stałe (ciężar gruntu nad przewodem, stałe obciążenia naziomu), obciążenia zmienne (zmiennie obciążenia od taboru komunikacyjnego, zmiennie obciążenia naziomu) oraz obciążenia wyjątkowe (np. obciążenie pojazdem specjalnym, nierównomierne osiadanie podłoża). Ciężar własny rury oraz ciężar cieczy prowadzonej przewodem można w obliczeniach pominąć. W razie wystąpienia wody gruntowej w strefie ułożenia przewodu należy w obliczeniach uwzględnić hydrostatyczne parcie wody gruntowej.

Charakterystyczne wartości obciążeń należy ustalić zgodnie z normami [31] i [47] lub z zasadami podanymi w literaturze technicznej [18], [22]. W obliczeniach należy uwzględnić układanie rurociągu w nasypie

lub w szerokim/wąskim wykopie, z rozróżnieniem sposobu ułożenia (podparcia) rury. Wartości współczynników obciążenia, niezbędne do wyznaczenia obliczeniowych wartości obciążeń, zaleca się przyjmować zgodnie z [18], [31]. W analizie prowadzonej wg metody stanów granicznych należy uwzględnić najbardziej niekorzystne kombinacje obciążeń.

### 6.6.3.2 Zasady ustalania wartości obciążeń

- **Pionowe obciążenie gruntem i wodą gruntową**

W wypadku występowania więcej niż jednej warstwy gruntu nad rurą, pionowe obciążenie  $q_v$  wynosi:

$$q_v = \sum_I^n \gamma_i \cdot h_i \quad (6.6)$$

gdzie:

$\gamma_i$  – ciężar objętościowy gruntu w  $i$ -tej warstwie [kN/m<sup>3</sup>]

$h_i$  – miąższość  $i$ -tej warstwy gruntu [m]

Jeśli zwierciadło wody gruntowej występuje ponad wierzchołkiem rury na wysokości  $h_w$  (rys. 6.3) obciążenie  $q_v$  należy obliczać wg wzoru:

$$q_v = \gamma(h - h_w) + (\gamma' + \gamma_w)h_w \quad (6.7)$$

gdzie:

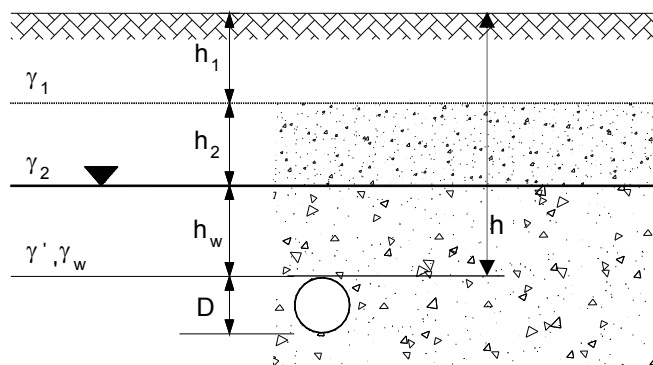
$\gamma$  – ciężar objętościowy gruntu [kN/m<sup>3</sup>],

$\gamma'$  – ciężar objętościowy szkieletu gruntowego z uwzględnieniem wyporu wody [kN/m<sup>3</sup>], podany np. w [18],

$\gamma_w$  – ciężar objętościowy wody [kN/m<sup>3</sup>],

$h$  – miąższość warstwy gruntu przykrywającej rurę [m],

$h_w$  – wysokość zwierciadła wody gruntowej ponad rurą [m].



Rys. 6.3. Obciążenie rurociągu gruntem i wodą gruntową

- **Obciążenie naziomu**

Użytkowe obciążenia naziomu  $q_n$ , zależne od sposobu użytkowania terenu, obliczać należy zgodnie z normą [31].

- **Obciążenie komunikacyjne**

Zasady ustalania wartości obciążeń komunikacyjnych (obciążenie użytkowe od pojazdów) można ustalać:

- wg normy PN-66/B-02015 Mosty, wiadukty i przepusty. Obciążenia i oddziaływania, dla pojazdów klasy I (ciężar całkowity 300 kN), II (ciężar całkowity 150 kN) i III (ciężar całkowity 100 kN) oraz ciągnika kołowego K800 (ciężar całkowity 800 kN),
- wg normy PN-85/S-10030 Obiekty mostowe. Obciążenia, dla jednej z klas obciążenia (A – ciężar pojazdu 500 kN, B – ciężar pojazdu 400 kN, C – ciężar pojazdu 300 kN, D – ciężar pojazdu 200 kN, E – ciężar pojazdu 150 kN). Przy zagłębieniu rury mniejszym od 1,0 m obciążenia przewodów taborem samochodowym należy obliczać z zastosowaniem współczynnika dynamicznego.

Zaleca się wyznaczanie wartości pionowych obciążeń od taboru samochodowego wg metody A. Kulickowskiego [18], z zastosowaniem modelu KA-17 uwzględniającego tabor samochodowy I ÷ III klasy i ciągnik kołowy K800 oraz różne średnice przewodów ułożonych w gruncie o zróżnicowanych charakterystykach, na głębokościach 0,5 – 8,0 m.

- **Poziome obciążenie rurociągu ułożonego w gruncie**

W wypadku **rurociągów sztywnych** poziome parcie gruntu jest proporcjonalne do pionowego obciążenia działającego na rurociąg zagłębiony w gruncie:

$$q_h = K_0 \cdot q_v \quad (6.8)$$

gdzie:

$q_v$  – sumaryczne pionowe obciążenie rurociągu [ $\text{kN/m}^2$ ]

$K_0$  – współczynnik według tablicy 6.2 lub wg szczegółowych zaleceń podanych w [18].

**Tablica 6.2 Wartości współczynnika  $K_0$**

Rodzaj gruntu	$K_0$
Grunty spoiste, suche, półzwarte i zwarte	0,17
Piaski i żwiry suche	0,33
Piaski i żwiry nawodnione	0,49
Grunty spoiste twardoplastyczne	0,70
Grunty spoiste plastyczne	0,90

Poziome obciążenie uwzględnia się w analizach rurociągów większych średnic.

Jeśli rurociąg ułożony jest poniżej zwierciadła wody gruntowej poziome parcie  $q_h$  obliczone na głębokości ( $h-h_w$ ) należy powiększyć o parcie wody gruntowej i poziome parcie gruntu nawodnionego tj. o ciężarze objętościowym  $\gamma$  z uwzględnieniem wporu wody gruntowej (oznaczenia jak we wzorze 6.7).

W wypadku **rurociągów podatnych** nieliniowy odpór gruntu jest wywołany przez odkształcającą się rurę. Sposób uwzględniania współpracy rurociągów podatnych z gruntem według metody skandynawskiej lub wytycznych ATV-DVWK-A127.

#### **6.6.4 Analiza statyczno-wytrzymałościowa rurociągów**

Analizę statyczno-wytrzymałościową można wykonać przy założeniu płaskiego stanu odkształcenia, z pominięciem pracy konstrukcji w kierunku podłużnym oraz z pominięciem doświadczalnie i obserwacyjnie potwierdzonego wpływu czasu na rozkład obciążeń przewodu gruntem. W zależności od sztywności rurociągu (patrz pkt. 6.6.2) należy uwzględnić współpracę przewodu rurowego z otaczającym go gruntem oraz warunki ułożenia przewodu i technologię jego wbudowania. Z uwagi na brak polskiej normy, dotyczącej obliczania obciążeń rurociągów ułożonych w gruncie, w analizie statyczno-wytrzymałościowej stosować należy metody obliczeniowe podane w literaturze

technicznej [18], [22], metodę wg wytycznych niemieckich ATV-A127 [1] oraz tzw. metodę skandynawską. Obliczenia można także wykonać za pomocą pakietów komputerowych, oferowanych przez producentów rur.

#### **6.6.4.1 Metody obliczania rurociągów podanych**

Wykonywanie statyczno-wytrzymałościowych analiz podatnych rurociągów zagłębionych w gruncie zaleca się wykonywać metodą skandynawską lub według wytycznych ATV-DVWK-A127 [1], [18], [22]. Kryteria wymiarowania: względna pionowa deformacja rury oraz stateczność przewodu na wyboczenie.

#### **6.6.4.2 Metody obliczania rurociągów sztywnych**

Analizy statyczno-wytrzymałościowe sztywnych rurociągów zagłębionych w gruncie zaleca się wykonywać według wytycznych ATV-DVWK-A127 [1], [18], [22]. Kryteria wymiarowania: naprężenia dopuszczalne lub siła niszcząca określana przez producenta rur.

### **6.7 Zalecenia materiałowe**

#### **6.7.1 Uwagi ogólne**

Wymagania dotyczące kryteriów doboru materiałów i wyrobów przeznaczonych do budowy kanalizacji deszczowej zostały zamieszczone w Ogólnych Specyfikacjach Technicznych (OST) D-M-00.00.00, Ogólnych Specyfikacjach Technicznych (OST) D - 03.02.01 [25] oraz w „Warunkach technicznych wykonania i odbioru sieci kanalizacyjnych” [65].

Stosować należy wyroby budowlane wprowadzone do obrotu zgodnie z ustawą o wyrobach budowlanych [63]. Przewody kanalizacyjne powinny być wykonywane z rur i kształtek o właściwościach mechanicznych spełniających wymagania określone w Polskich Normach oraz odrębnych przepisach.

Rury używane do montażu przewodów kanalizacyjnych powinny być oznakowane zgodnie z normą [50], tj. powinny posiadać stałe oznaczenia. Informacje naniesione na rury wykonane z tworzyw sztucznych winny zawierać następujące informacje: nazwę wytwórcy, oznakowanie materiału, średnicę zewnętrzną rury i grubość ścianki, numer normy, znak jakości, znak instytucji atestującej, kod daty produkcji.

Rury i kształtki z żeliwa sferoidalnego, żeliwne i betonowe klasyfikuje się wg DN/ID, natomiast rury i kształtki z PVC, PP, żywicy poliestrowych zbrojonych włóknem szklanym i polimerobetonowe – wg DN/OD [65].



Zalecane wymiary nominalne rur i kształtek kanalizacyjnych stosowanych w systemach grawitacyjnych:

- klasyfikowanych wg DN/ID: 150, 200, 225, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2500, 2800, 3000, 3500, 4000.
- klasyfikowanych wg DN/OD: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000.

Szczegółowe wymagania i zalecenia dotyczące wyrobów służących do budowy kanalizacji deszczowej na terenach górniczych podano w pkt. 6.11.4.

### **6.7.2 Rury i kształtki**

Do budowy sieci kanalizacji deszczowej mogą być stosowane rury i kształtki z materiałów podanych w tablicy 6.3.

Do budowy kanalizacji deszczowej zaleca się stosować przewody o odpowiedniej nośności, charakteryzujące się dużą odpornością na ścieranie, korozję i zanieczyszczenia chemiczne, a także małym współczynnikiem szorstkości. Wymogi te w szerokim zakresie spełniają rury i kształtki z tworzyw sztucznych. Przewody kanalizacyjne z rur betonowych, żelbetowych powinny być zabezpieczone przed korozyjnym działaniem wód opadowych (ścieków drogowych) i wód gruntowych.

W budowie systemu odwodnienia pasa drogowego zaleca się stosowanie jednorodnych materiałów, tj. jednolitość technologiczną stosowanych materiałów, łączy, kształtek i armatury. Za najkorzystniejsze uważane są kompletne rozwiązania systemowe, kompatybilne pod względem asortymentu.

Rodzaj złączy rur zależy od zastosowanego materiału:

- rury kamionkowe, żeliwne, z PVC, PP, żelbetowe i betonowe – złącza kielichowe,
- rury z PP i PE – złącza zgrzewane lub przy użyciu łącznika,
- rury z GRP i polimerobetonu – złącza nasuwkowe z elastomerowymi uszczelkami.

**Tablica 6.3. Rury stosowane do budowy kanalizacji deszczowej [2],[16], [36], [37], [30], [41], [42], [44]**

Rodzaj materiału rury	Podstawa stosowania	Klasyfikacja wg	Zakres średnic
kamionkowe	PN-EN 295-1: A3:2002	DN	średnica: 200 mm, do budowy przykanalików
z żeliwa sferoidalnego	PN-EN 598:2000	DN/ID	300 ÷ 2000
z nieplastifikowanego polichlorku winylu (PVC-U)	PN-EN 1401-1:1999	DN/OD	300 ÷ 630
z polipropylenu (PP)	PN-EN 1852-1:1999/A1:2004	DN/OD	300 ÷ 1200
z polietylenu (PE)	PN-EN 12666-1:2007	DN	300 ÷ 2400
z żywic poliestrowych zbrojonych włóknem szklanym (GRP)	PN-EN 14364:2007	DN/OD	300 ÷ 2400
betonowe ze stopką i bez stopki	BN-83/8971-06/02 PN-EN 1916:2005 +AC:2007	DN/ID	300 ÷ 1000
żelbetowe kielichowe	BN-83/8971-06/02 PN-EN 1916:2005 +AC:2007	DN	300 ÷ 2000
z polimerobetonu	aprobaty techniczna	DN/OD	300 ÷ 2500

### 6.7.3 Studzienki kanalizacyjne

Studzienki kanalizacyjne [34] powinny być wykonane z materiałów trwałych, wodoszczelnych i charakteryzujących się odpornością na czynniki chemiczne. Wykonywane są jako włazowe, niewłazowe lub bezwłazowe. Studzienki kanalizacyjne mogą być wykonane z kręgów betonowych, żelbetowych lub z materiałów, z których wykonane są rury (rozwiązania systemowe dla rur z tworzyw sztucznych: PVC, PP, PE, GPR i in.). Wykonuje się je jako monolityczne (monolityczna komora robocza) lub prefabrykowane (co najmniej zasadnicza część komory roboczej i komin włazowy wykonane jako prefabrykowane).

Dno studzienek betonowych powinno mieć płytę fundamentową oraz gotową, wykonaną fabrycznie kasetę, która w przypadku studzienek betonowych i żelbetowych dodatkowo może być wzmocniona wykładziną z płytek klinkierowych lub kompozytów.

Zwieńczenia studzienek kanalizacyjnych należy dobierać biorąc pod uwagę usytuowanie w przekroju drogi (miejsce zabudowy) i obciążenia ruchem drogowym [38]. Stosować należy następujące klasy zwieńczeń:

- **A15** – powierzchnie przeznaczone wyłącznie dla pieszych i rowerzystów,
- **B125** – drogi i obszary dla pieszych, powierzchnie równorzędne, parkingi i tereny parkowania samochodów osobowych,
- **C250** – dla zwieńczeń usytuowanych przy krawężniku, w odległości 0,20 m od jego ściany w drodze dla pieszych lub 0,50 m w obrębie toru ruchu,
- **D400** – ciągi pieszo-jezdne, jezdnie dróg, obszary parkowania dla wszystkich rodzajów pojazdów drogowych,
- **E600** – powierzchnie poddane wysokiemu naciskowi kół (rampy),
- **F900** – powierzchnie poddane szczególnie wysokiemu naciskowi kół (pasy startowe).

Włazy kanałowe (kominy włączowe) powinny być zlokalizowane od strony napływu ścieków, zawsze po tej samej stronie osi kanału [63]. Stopnie złączone powinny być zamocowane w ścianach komory roboczej lub komina włączowego w studzienkach przełączowych zgodnie z [40].

## **6.8 Budowa kanalizacji deszczowej**

Ogólne wymagania dotyczące robót budowlanych podano w Ogólnej Specyfikacji Technicznej D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt.1.5. Zasady wykonania kanalizacji deszczowej, wymagania odnośnie niezbędnego sprzętu, składowania materiałów oraz kontroli jakości robót przedstawiono w Ogólnych Specyfikacjach Technicznych D-03.02.01 Kanalizacja deszczowa [25] oraz w opracowaniu [65]. Szczegółowe informacje i zalecenia podają także producenci rur w katalogach wyrobów.

Roboty ziemne prowadzić zgodnie z przepisami zawartymi w:

- PN-EN 1610:2002 Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych;
- PN-B-10736:1999 Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania;
- PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. Nr 47/03 poz. 401).

Roboty w obrębie pasa drogowego należy prowadzić zgodnie z [30]. Szczegółowe zalecenia odnośnie układania przewodów w gruncie podają producenci w katalogach wyrobów.

## **6.9 Wymagania przy odbiorze**

Celem badań odbiorczych jest stwierdzenie zgodności wykonanych robót z dokumentacją techniczną i aktualnymi normami. Badania te należy wykonywać na bieżąco, jako odbiory częściowe podczas układania przewodów, wykonywania zasypki i innych prac powodujących zakrycie i niedostępność elementów podlegających badaniu [35], [46]. Szczegółowe informacje dotyczące badań przy odbiorze przewodów kanalizacji deszczowej podano w [65].

Badania i sprawdzenia przewodów i studzienek należy poprzedzić sprawdzeniem odkryć wykopaliskowych, robót pomiarowych i robót przygotowawczych. Należy także wykonać badania podłoża i robót ziemnych, związanych z zasypaniem wykopu lub wznoszeniem nasypu.

W ramach **badan podłoża** należy wykonać:

- badania gruntów podłoża naturalnego,
- badania gruntów do wykonania podsypki,
- badania zagęszczenia podłoża,
- kontrolę rzędnych,
- pomiar głębokości ułożenia przewodu i grubość warstwy przekrycia,
- odległości od sąsiadujących budowli.

**Badania przewodu i studzienek** obejmują:

- ułożenie przewodu na podłożu,
- odchylenie osi przewodu w planie, odchylenie kierunku w planie i w profilu
- różnice rzędnych w profilu podłużnym,
- prawidłowość połączeń elementów i użytych materiałów,
- szczelność odcinka przewodu wraz z podłączeniami i studzienkami kanalizacyjnymi.

Dopuszczalne odchyłki, zgodnie z [25] wynoszą:

- odchylenie odległości krawędzi wykopu w dnie od ustalonej w planie osi wykopu nie powinno wynosić więcej niż  $\pm 5$  cm,
- odchylenie wymiarów w planie nie powinno być większe niż 10 cm,
- odchylenie grubości warstwy podłoża nie powinno przekraczać  $\pm 3$  cm,
- odchylenie szerokości warstwy podłoża nie powinno przekraczać  $\pm 5$  cm,
- odchylenie kolektora rurowego w planie, odchylenie odległości osi ułożonego kolektora od osi przewodu ustalonej na ławach celowniczych nie powinno przekraczać  $\pm 5$  mm,
- odchylenie spadku ułożonego kolektora od przewidzianego w projekcie nie powinno przekraczać -5% projektowanego spadku (przy

zmniejszonym spadku) i 10% projektowanego spadku (przy zwiększonym spadku),

- rzędne kraterów ściekowych i pokryw studzienek powinny być wykonane z dokładnością do  $\pm 5$  mm.

Zakres **badania robót ziemnych** obejmuje badania podłoża, podsypek i obsypki rury, zasypki wykopu i warstw budowanego nasypu. W szczególności należy wykonać:

- sprawdzenie zgodności z dokumentacją,
- badanie odkształcalności podłoża,
- badanie przydatności gruntów do wbudowania,
- badanie zagęszczenia układanych warstw ziemnych,
- kontrolę nachylenia podłoża.

## **6.10 Wymagania eksploatacyjne**

Wymagane jest utrzymywanie przewodów, armatury i wyposażenia sieci w stanie pełnej sprawności technicznej poprzez systematyczne prowadzenia robót przeglądowych, eksploatacyjnych i naprawczych.

W ramach robót przeglądowych należy prowadzić kontrolę stanu technicznego pokryw i włączów, przegląd otworów wlotowych oraz sprawdzenie poziomu osadu w osadnikach studzienek. Kontrola stanu kanałów deszczowych oraz stopnia ich zanieczyszczenia powinna być wykonywana dwukrotnie w ciągu roku oraz po każdym deszczu nawalnym.

Eksploatacja kanalizacji deszczowej obejmuje bieżące czyszczenie kanałów deszczowych, studni rewizyjnych, wpustów ulicznych i przykanalików oraz studni chłonnych, separatorów i pozostałych urządzeń towarzyszących. Wymagania dotyczące czyszczenia urządzeń odwadniających zawierają Ogólne Specyfikacje Techniczne D-03.01.03 Czyszczenie urządzeń odwadniających (kanalizacja deszczowa, ścieki).

Czyszczenie i udrażnianie przewodów powinno być wykonywane w miarę konieczności, w sposób mechaniczny lub hydrauliczny, minimum raz w roku. Częstotliwość należy zwiększyć w razie stwierdzenia zanieczyszczenia kanałów.

Czyszczenie wpustów ulicznych wraz z przykanalikami należy przeprowadzać minimum dwa razy w roku, wiosną (marzec/kwiecień) oraz jesień (październik/listopad) lub częściej w wypadku stwierdzenia ich zanieczyszczenia.

Osadniki studzienek kanalizacyjnych powinny być opróżniane minimum 2 razy w roku, a w szczególności po zakończeniu zimy.

Wymagane jest systematyczne czyszczenie kratek wpustów ulicznych, Częstość czyszczenia powinna być zwiększona w okresie jesiennym (zanieczyszczenie liśćmi, błotem itp.).

Czyszczenie studni chłonnych należy wykonywać minimum dwa razy w roku. W wypadku stwierdzenia przepełnienia studni związanego ze zbyt małą naturalną chłonnością należy odpompować wody deszczowe, aby nie dopuścić do przepełnienia studni.

W ramach konserwacji kanalizacji deszczowej należy niezwłocznie odtwarzać uszkodzone lub zniszczone elementy systemu. Wymianę i uzupełnianie uzbrojenia naziemnego kanałów (włazy żeliwne, pokrywy żeliwne, wpusty żeliwne, kratki żeliwne) należy prowadzić na bieżąco.

Czyszczenie separatorów włącznie z przyległymi studniami osadnikowymi należy przeprowadzać minimum dwa razy w roku.

## **6.11 Przewody kanalizacji deszczowej na terenach górniczych**

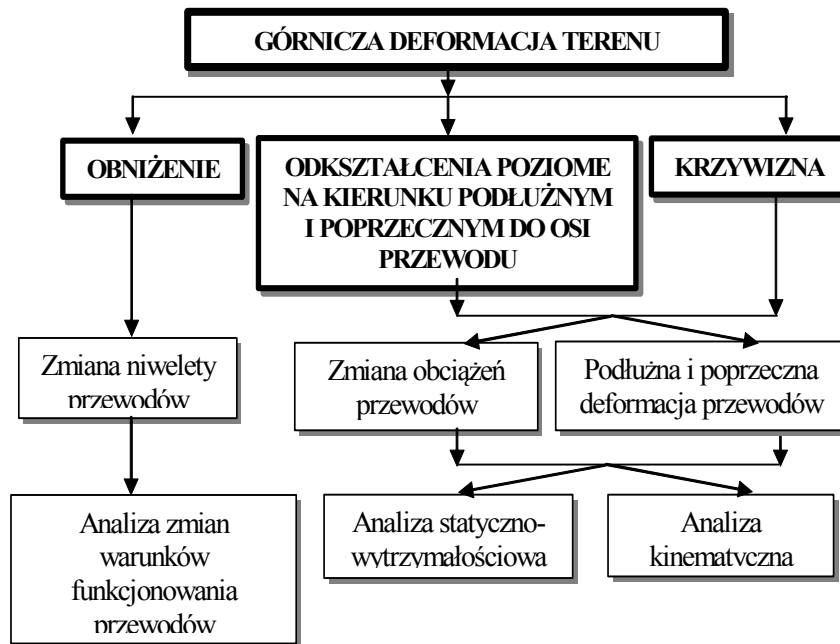
### **6.11.1 Ogólna charakterystyka wpływu górniczej deformacji terenu na podziemne rurociągi**

Oddziaływania górnicze powinny być uwzględniane w projektowaniu nowych oraz ocenie odporności istniejących obiektów budowlanych lokalizowanych na terenach górniczych. Dotyczy to również przewodów sieci kanalizacji deszczowej, zaliczanych do obiektów liniowych.

Deformacja powierzchni terenu o charakterze ciągłym opisywana jest za pomocą wskaźników: pionowe przemieszczenia  $w$  (obniżenie terenu), poziome przemieszczenia  $u$ , nachylenia  $T$ , krzywizny  $K$  (lub promień krzywizny  $R = 1/K$ ), poziome odkształcenie  $\epsilon$  (patrz pkt. 9). Trzy ostatnie wskaźniki deformacji ( $T$ ,  $R$  i  $\epsilon$ ) są podstawą kategoryzacji terenów górniczych pod względem ich przydatności do zabudowy (patrz tablica 9.1).

Z uwagi na specyfikę obiektów liniowych, tj. wydłużony kształt pojedynczych odcinków przewodów oraz przestrzenny charakter pracy sieci, informacja o terenie górniczym podana w postaci jego kategorii jest dla tych obiektów niewystarczająca. Wymagane jest dokumentowanie prognozowanej deformacji w postaci map izolinii wskaźników (wartości czasowo-ekstremalne lub obwiednie faz eksploatacji) lub tabelarycznych zestawień ich wartości. Konieczne jest także wyznaczenie wartości prognozowanych wskaźników deformacji w kierunkach: równoległym i prostopadłym do głównej osi rury, z uwzględnieniem planów robót górniczych w czasie porównywalnym z okresem trwałości przewodów.

Wpływ eksploatacji górniczej na rurociągi należy rozpatrywać z uwzględnieniem usytuowania rurociągu względem frontu eksploatacji i głównych kierunków deformacji terenu (rys. 6.4).



Rys. 6.4. Wpływ górniczej deformacji terenu na przewody kanalizacji deszczowej.

Grawitacyjne sieci kanalizacyjne, w tym zlokalizowane w pasie drogi sieci kanalizacji deszczowej, są szczególnie wrażliwe na **obniżenia i towarzyszące im nachylenia**. W zależności od intensywności deformacji, obniżenie terenu może wywołać zwiększenie lub zmniejszenie pierwotnego spadku kanału, wystąpienie przeciwsпадków bądź okresowe działanie kanału pod ciśnieniem. Utrata możliwości grawitacyjnego odprowadzenia ścieków wiąże się nieraz z koniecznością zastosowania przepompowni ścieków.

**Odkształcenia poziome**, będące efektem uaktywnienia się ośrodka gruntowego w czasie ujawniania się deformacji terenu, oddziałują na przewody rurowe w kierunkach prostopadłym i równoległym do podłużnej osi rury. W pierwszym wypadku mamy do czynienia ze zmianami parcia gruntu na ścianie rurociągu, w drugim – ze zmianami długościowymi rurociągu. W przypadku odkształceń poziomych zasadnicze znaczenie mają długość rurociągu, sposób łączenia rur oraz cechy materiałowe (sztywność lub odkształcalność przewodu).

**Górnicza krzywizna terenu** ma znaczenie jedynie w wypadku rurociągów o DN > 500 mm oraz przy małych wartościach promienia krzywizny terenu.

Z uwagi na zalecenia materiałowe dotyczące stosowania na terenach górniczych rurociągów z wydłużonym kielichem, w Zaleceniach nie rozpatruje się wpływu podziemnej wzdłuż osi przewodu.

### **6.11.2 Dodatkowe obciążenia podziemnych przewodów na terenach górniczych**

Dodatkowe poziome obciążenia określają wzory [19]:

- **rurociągi sztywne:**

$$q_h^+ = 160 \cdot \varepsilon \cdot q_v, \quad (6.9)$$

$$q_h^- = 0,2 \cdot q_v, \quad (6.10)$$

- **rurociągi podatne:**

$$q_h^+ = 120 \cdot \varepsilon \cdot q_v, \quad (6.11)$$

$$q_h^- = 20 \cdot \varepsilon \cdot q_v \quad (6.12)$$

gdzie:

- $q_h^+$  - przyrost poziomych obciążeń  $q_h$ , wywołany zagęszczeniem gruntu,
- $q_h^-$  - zmniejszenie poziomych obciążeń  $q_h$ , wywołane rozluźnieniem gruntu.
- $q_v$  - pionowe obciążenie rury
- $\varepsilon$  - poziome odkształcenie gruntu.

Przedstawione zależności mają charakter empiryczny i odnoszą się do wartości poziomych odkształceń z zakresu 0 ÷ 9 mm/m.

### **6.11.3 Uwzględnianie wpływów górniczych w projektowaniu kanalizacji deszczowej**

Należy przeprowadzić symulację wpływu zmian ukształtowania terenu na spadki kanałów i odpowiednio zwiększyć spadki na odcinkach zagrożonych zaburzeniami w grawitacyjnym odprowadzaniu ścieków. Minimalny spadek przy uwzględnieniu docelowego obniżenia nie powinien być mniejszy niż 0,5%. W razie konieczności należy przewidzieć odcinki tłoczne lub lokalizację przepompowni ścieków. Z uwagi na rozległość systemów kanalizacyjnych i głównie grawitacyjny sposób pracy wskazana jest analiza zmian warunków



pracy całego systemu (układ kanałów – odbiorniki) w odniesieniu do prognoz deformacji w postaci map izolinii obniżen i odkształceń poziomych.

#### **6.11.4 Zalecenia materiałowe**

Do budowy sieci należy używać materiałów elastycznych (PVC, PE, PP, GRP i in.), zaś unikać materiałów kruchych. Zakres stosowania rozwiązań materiałowych wg [33]:

- rury żeliwne, rury i prefabrykaty betonowe – jedynie na terenach zaliczanych do I kategorii górniczej,
- żelbetowe rury kielichowe, rury kamionkowe i prefabrykaty z betonu wstępnie sprężonego lub z wibrobetonu – na terenach zaliczanych do I i II kategorii górniczej,
- żelbetowe rury kielichowe z betonu wstępnie sprężonego łączonych żelbetowymi pierścieniami (nasuwkami) – na terenach zaliczanych do I ÷ III kategorii górniczej,
- rury z tworzyw sztucznych (PVC, PE, PP, GRP i in. ) – na terenach zaliczanych do I ÷ IV kategorii górniczej.

Zaleca się stosowanie systemowych rozwiązań rur z aprobatą techniczną do stosowania na terenach górniczych, a w szczególności rur z wydłużonym kielichem, w obrębie którego może nastąpić kompensacja ruchu bosego końca rury z zachowaniem szczelności połączenia.

Zalecenia dotyczące betonowych **studzienek kanalizacji deszczowej** budowanych na terenach górniczych są następujące:

- studzienki o średnicy 1000 mm mogą być budowane na terenach zaliczanych do III kategorii górniczej włącznie na głębokości do 5,0 m, niezależnie od wysokości kręgów,
- studzienki o średnicy 1200 mm, budowane z kręgów o wysokości 250 mm, 500 mm, 750 mm mogą być stosowane na terenach zaliczanych do III kategorii górniczej włącznie na głębokości do 4,0 m,
- studzienki o średnicy 1200 mm, budowane z kręgów o wysokości 1000 mm mogą być stosowane na terenach zaliczanych do III kategorii górniczej włącznie na głębokości do 5,0 m,
- studzienki o średnicy 1500 mm, budowane z kręgów o wysokości 250 mm i 500 mm mogą być stosowane na terenach zaliczanych do III kategorii górniczej włącznie na głębokości do 3,0 m,
- studzienki o średnicy 1500 mm, budowane z kręgów o wysokości 1000 mm, mogą być stosowane na terenach zaliczanych do III kategorii górniczej włącznie na głębokości do 4,0 m.

Przejścia przewodów przez ściany studzienek powinny być wykonywane poprzez wbudowane na stałe szczelne króćce, bądź też w inny sposób z zachowaniem elastyczności i szczelności przejścia (np. tulejowe z PVC).

#### **6.11.5 Zalecenia eksploatacyjne**

Wpływy górnicze skutkują wzmożoną awaryjnością sieci, zatem na właścicielu lub zarządcy sieci spoczywa obowiązek szczególnie starannego przeprowadzania okresowych kontroli stanu przewodów, armatury i obiektów towarzyszących oraz prowadzenia robót naprawczych i eksploatacyjnych.

Częstotliwość wykonywania obchodów sieci powinna być dostosowana do intensywności ujawniania się wpływów podziemnej eksploatacji. Roboty naprawcze powinny być prowadzone na bieżąco.

W odniesieniu do grawitacyjnej sieci kanalizacji deszczowej zlokalizowanej na terenach górniczych w zakresie działań profilaktycznych i eksploatacyjnych przewiduje się:

- dopuszczenie okresowej pracy odcinków sieci pod ciśnieniem,
- zwiększenie częstotliwości płukania i czyszczenia sieci,
- przebudowę odcinków kanałów o zbyt małych spadkach,
- budowę odcinków kanałów z zastosowaniem systemu tłoczego,
- budowę zbiorników retencyjnych i przepompowni ścieków opadowych,
- bezodkrywkowe wzmocnianie ścian kanałów (np. relining),
- rekonstrukcja uszkodzonych odcinków kanałów z zastosowaniem bezodkrywkowych technologii naprawy i uszczelniania przewodów.

W warunkach ujawniania się wpływów górniczych wymagane jest staranne dokumentowanie zaistniałych awarii. Dokumentacja awarii powinna zawierać opis uszkodzenia i jego dokumentację fotograficzną, informacje o czasie, miejscu i przebiegu awarii. W celu ustalenia przyczyn awarii, a także związku przyczynowo-skutkowego z eksploatacją górniczą w rejonie uszkodzonego przewodu lub elementu wyposażenia należy zgromadzić dodatkowe informacje o stanie technicznym przewodu, wieku, rodzaju materiału, technologii budowy, dokonywanych wcześniej przeglądach, naprawach i modernizacjach oraz informacje o przebiegu prac górniczych (termin prowadzenia eksploatacji, położenie eksploatowanych pól, system i prędkość eksploatacji, charakterystyka warunków górniczych). Gromadzenie informacji o awariach sieci powinno mieć charakter systemowy, z zastosowaniem współczesnych metod komputerowych.

W zależności od prognozowanej intensywności wpływów górniczych, licząc się z możliwością wzmożonej awaryjności sieci należy podejmować następujące działania profilaktyczne:

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

- w wypadku ujawniania się ciągłych deformacji górniczych o niewielkiej intensywności należy zwiększyć częstotliwość oględzin sieci i kontroli poprawności jej funkcjonowania,
- przy znacznej intensywności wpływów górniczych należy rozważyć możliwość czasowego wyłączenia fragmentu sieci z eksploatacji, z jednoczesnym przygotowaniem rurociągów awaryjnych z odpowiednim systemem zamknięć oraz ograniczyć obciążenie ruchem kołowym.

Warunkiem skuteczności działań zabezpieczających, eksploatacyjnych i naprawczych prowadzonych na sieciach w warunkach wpływów górniczych jest współpraca właściciela i użytkownika sieci ze służbami górnictwami.

## **7 ODWODNIENIE SKRZYŻOWAŃ**

### **7.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem są zalecenia dotyczące rozwiązań w zakresie odwodnienia skrzyżowań: zwykłych, skanalizowanych i rond wraz z zasadami lokalizacji wpustów deszczowych.

### **7.2 Metoda warstw projektowanych**

W obrębie skrzyżowań rozmieszczenie wpustów deszczowych winno być poprzedzone analizą układu projektowanych warstw. Rozwiązania warstwowe zaleca się zawsze wykonywać przy większych powierzchniach skrzyżowania i jego zróżnicowanym ukształtowaniu.

Przy projektowaniu skrzyżowań sporządzić należy plany warstwowe projektowanej powierzchni jezdni, chodników itd. Plan warstwowy daje jasne i plastyczne przedstawienie pochyłeń podłużnych i poprzecznych oraz ułatwia lokalizację najniższych oraz najwyższych punktów.

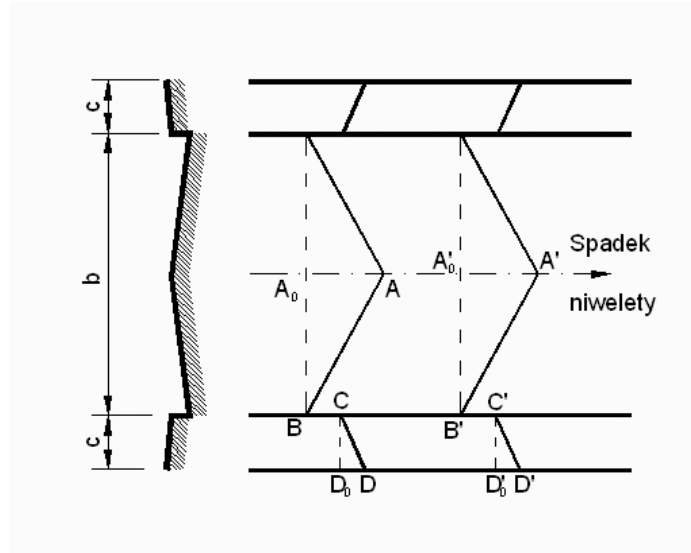
Wykonanie planu warstwicowego pozwala na dokładne zbadanie kierunku spływu wód opadowych po projektowanej powierzchni, a co za tym idzie, zaplanowanie rozmieszczenia wpustów deszczowych.

Właściwie zaprojektowany plan warstwowy powinien zapewnić:

- przejazd przez skrzyżowanie bez wstrząsów (komfort jazdy),
- właściwe rozmieszczenie wpustów deszczowych poprzez dostarczenie informacji o kierunkach spływów wód (odwodnienie),
- ułatwienie wykonawstwa,
- możliwość oceny prawidłowości rozwiązania projektowego.

**Metoda warstw projektowych** polega na naniesieniu na plan sytuacyjny elementów wynikających z przekrojów poprzecznych. Ukształtowanie wysokościowe przedstawia się za pośrednictwem warstw w równych odstępach ( $h$ ) co: 20, 10 lub 5 cm – w zależności od wielkości pochylenia powierzchni. Zasadniczo warstwy projektowane nanosi się co 10 cm. Jeżeli spadki są małe, to co 5 cm a jeżeli bardzo duże, to co 20 cm.

Wielkości liczbowe potrzebne do wykreślenia planu obliczamy ze wzorów, przyjmując oznaczenia jak na rysunku 7.1.



Rys. 7.1. Plan warstwicy – jezdnia z obustronnymi chodnikami.

Oznaczamy:

- $i_n$  – pochylenie podłużne jezdni,
- $i_p$  – spadek poprzeczny jezdni,
- $i_c$  – spadek poprzeczny chodnika,
- $h_k$  – odsłonięcie krawężnika,
- $b$  – szerokość jezdni,
- $c$  – szerokość chodnika,
- $h$  – różnica wysokości warstwicy.

Obliczamy:

$$AA' = BB' = CC' = DD' = \frac{h}{i_n} \quad (7.1)$$

$$AA_0 = AA'_0 = \frac{b \cdot i_p}{2 \cdot i_n} \quad (7.2)$$

$$BC = \frac{h_k}{i_n} \quad (7.3)$$

$$D_0D = \frac{c \cdot i_c}{i_n} \quad (7.4)$$

### 7.2.1 Plany warstwowe skrzyżowań

W obrębie skrzyżowań przed projektowaniem rozmieszczenia wpustów należy wykonać plan warstwowy tarczy skrzyżowania. Odcinki ulic między skrzyżowaniami z reguły nie wymagają planów warstwowych.

Plany warstwowe należy sporządzać zarówno dla skrzyżowań zwykłych jak i skanalizowanych, a także skrzyżowań z ruchem okrężnym (rond).

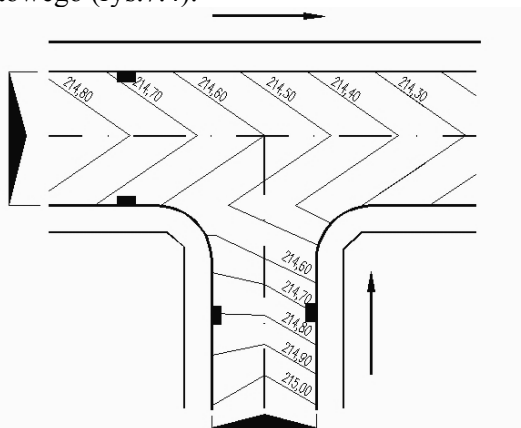
Pozwalają one na sprawdzenie poprawności ukształtowania wysokościowego tarczy skrzyżowania, płynności przebiegu krzyżujących się dróg oraz sprawnego odwodnienie (wylimitowania stref bezodpływowych).

Plan warstwowy ułatwia lokalizację najniższych punktów i usytuowanie wpustów deszczowych w obrębie skrzyżowania i jego wlotów z uwagi na pieszych, rowerzystów i możliwą lokalizację zatok przystankowych.

Dążyć należy, aby tarcza skrzyżowania była płaszczyzną lub łagodną, regularną powierzchnią.

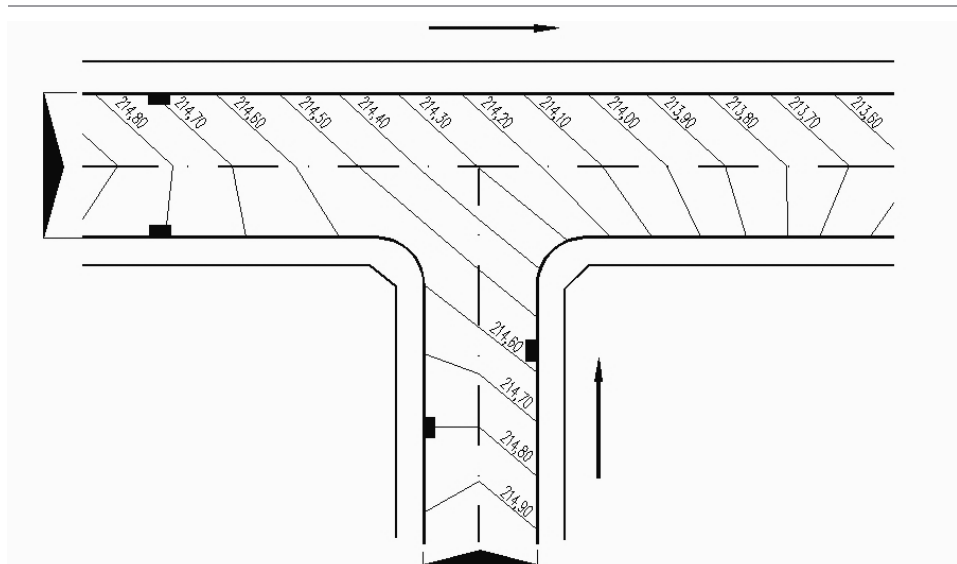
Z uwagi na to, że zbiegające się ramiona skrzyżowania mogą mieć różne parametry związane z: szerokością jezdni, występowaniem lub brakiem chodników i ich geometrią, kierunkiem pochyłeń (daszkowy, jednostronny) i wielkością spadku poprzecznego jezdni, kierunkiem i wielkością pochylenia podłużnego jezdni możliwe są dwa typy rozwiązań:

- a) ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym drogi podrzędnej (rys. 7.2),
- b) ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym obu krzyżujących się dróg. Schemat rozwiązania dla skrzyżowania trójwlotowego (rys. 7.3) i czterowlotowego (rys.7.4).

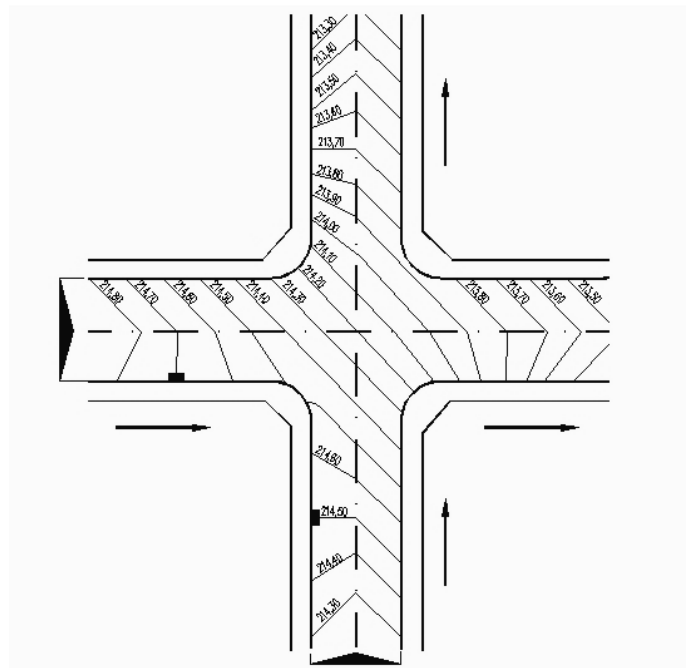


Rys. 7.2. Plan warstwowy ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym drogi podrzędnej

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*



Rys. 7.3. Plan warstwiczny ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym obu dróg dla skrzyżowania trójwylotowego



Rys. 7.4. Plan warstwiczny ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym obu dróg dla skrzyżowania czterowylotowego

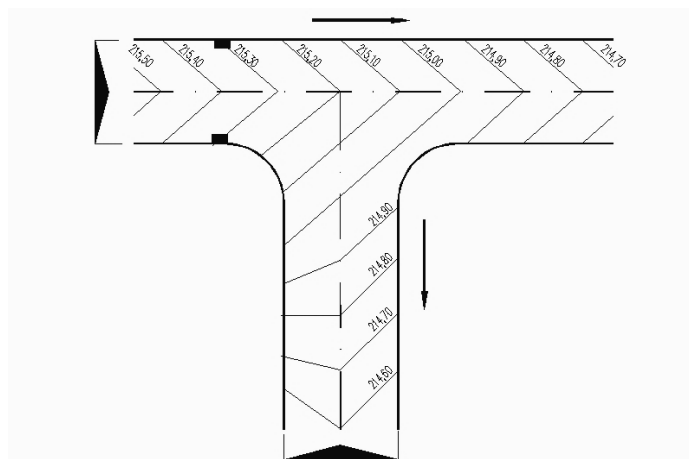
### 7.2.1.1 Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane

Dla zapewnienia sprawnego odwodnienia powierzchni jezdni w obrębie skrzyżowania należy w planie warstwicowym uwzględnić następujące warunki:

- pochylenia podłużne i poprzeczne drogi z pierwszeństwem przejazdu powinny zostać niezmienione i do nich należy dopasować pochylenie powierzchni jezdni drogi podporządkowanej,
- pochylenia powinny być tak ukształtowane, aby woda z wlotu drogi podporządkowanej nie przepływała przez jezdnię drogi z pierwszeństwem przejazdu,
- pochylenia poprzeczne jezdni korytarzy relacji skrzyżunkowych powinny być dostosowane przede wszystkim do potrzeb odwodnienia,
- załamania niwelety należy lokalizować na wlotach podporządkowanych. Najniższy punkt niwelety powinien być w miejscu, gdzie zapewnione jest wystarczające dla odwodnienia pochylenie poprzeczne wynoszące min. 2,5 %. Najniższy punkt niwelety powinien być zlokalizowany poza przejściem dla pieszych lub przejazdem dla rowerzystów, jeżeli występują one na wlocie,
- wyspy mogą ułatwiać odwodnienie, ponieważ dzielą powierzchnię skrzyżowania na szereg mniejszych zlewni.

#### Skrzyżowania zwykłe

Zalecane rozwiązania planów warstwicowych dla skrzyżowań trójwlotowych (rys. 7.5, rys 7.6), które mogą być składowymi rozwiązań skrzyżowań czterowlotowych. Rozwiązania spełniają warunki komfortu, odwodnienia i estetyki.



Rys. 7.5 Spadek ulicy bocznej skierowany od skrzyżowania

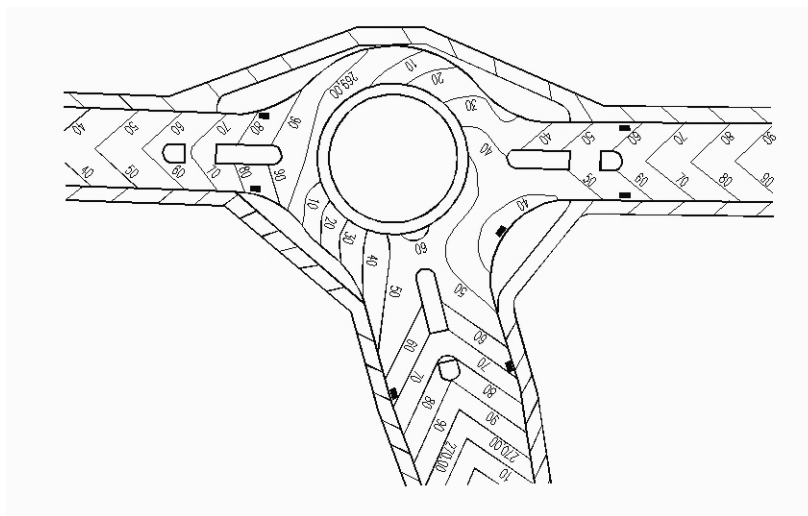




### **7.2.1.2 Ronda**

Dla rond mini i małych [13][68] zaleca się wykonanie planu warstwicowego. Przykładowy plan warstwicowy dla małego ronda przedstawiono na Rys.7.8.

Do sporządzenia planu warstwicowego ronda potrzebna jest znajomość pochyłości podłużnych krzyżujących się ulic oraz profil jezdni ronda jak i uwzględnienie jej jednostronnego spadku poprzecznego.



Rys. 7.8. Przykładowy plan warstwicowy dla małego ronda

### **7.3 Lokalizacja wpustów deszczowych**

Wody deszczowe z obrębu jezdni, chodników, przystanków autobusowych itp. odprowadza się ściekami przykrawężnikowymi do wpustów deszczowych. Duży wpływ na sprawność odwodnienia ma właściwy dobór ścieku (pkt 4.3.). Przy małych spadkach podłużnych celowe jest stosowanie ścieków przykrawężnikowych obniżonych.

Wpusty deszczowe w rejonie skrzyżowań należy lokalizować:

- przed skrzyżowaniem (na tych jezdniach, na których woda spływa w kierunku tarczy skrzyżowania),
- przed przejściami dla pieszych,
- w najniższych punktach wynikających z planu warstwicowego,
- w miejscach wymagających odwodnienia, wynikających z obliczonej powierzchni zlewni.

## 8 ODWODNIENIE PRZYSTANKÓW KOMUNIKACYJNYCH

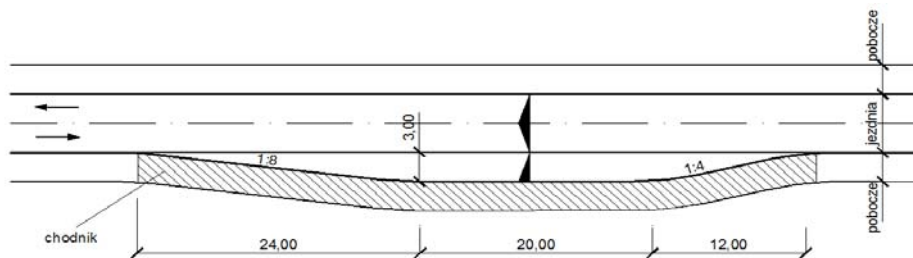
### 8.1 Przedmiot i zakres zaleceń

Przedmiotem są zalecenia dotyczące odwodnienia przystanków autobusowych zlokalizowanych w zatokach przykrawężnikowych. Zalecenia mają zastosowanie zarówno do przystanków przy drogach jak i ulicach.

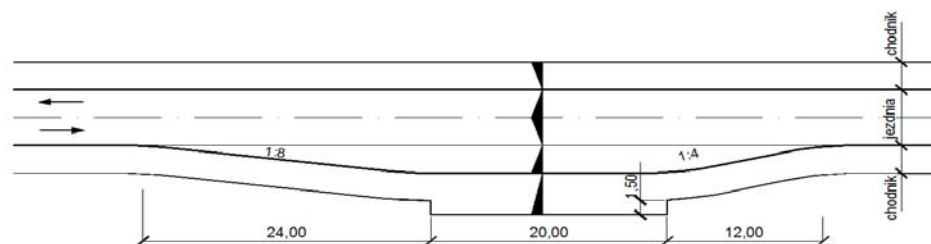
Zatoka autobusowa – miejsce zatrzymania dla wymiany pasażerów, urządzone poza jezdnią i przeznaczone wyłącznie dla autobusów komunikacji zbiorowej.

#### 8.1.1 Wymagania geometryczne zatok autobusowych

Przystanki autobusowe powinny być lokalizowane w zatokach przykrawężnikowych, zarówno dla dróg zamiejskich (rys.8.1) jak i ulic (rys 8.2).



Rys. 8.1. Zatoka przystankowa przy drodze zamiejskiej



Rys. 8.2. Zatoka przystankowa przy ulicy

Dla przystanku dwóch autobusów należy krawędź zatrzymania wydłużyć do 40m, a trzech do 60m.

Pochylenie poprzeczne jezdni w zatoce skierowane powinno być do krawędzi jezdni drogi. Wartość spadku poprzecznego powinna wynosić min

2,0 % i zależy ona od rodzaju materiału, z którego wykonana jest warstwa ścierna nawierzchni zatoki.

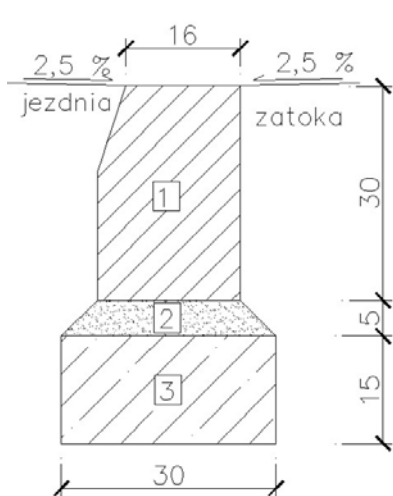
Lokalizacja wpustów deszczowych winna uwzględniać ograniczenie dopływu spływającej wody w rejonie lokalizacji przystanku.

## 8.2 Zalecenia dla odwodnienia zatok autobusowych

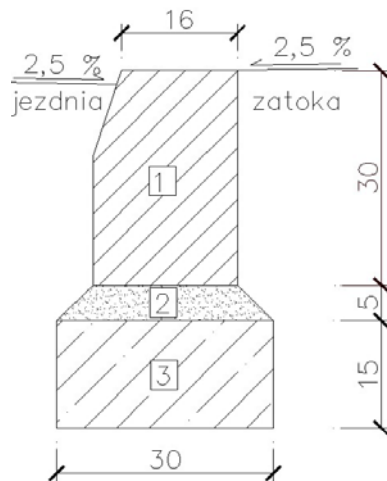
Zalecane rozwiązania dla zatok autobusowych na drogach i ulicach. Zatoka autobusowa może być oddzielona od jezdni:

- krawężnikiem „zatopionym” ( $h_k=0$ ) (rys.8.3) lub „obniżonym” o wysokości z jego odsłonięciem przy krawędzi jezdni 2 cm (rys.8.4),
- krawężnikiem „na płasko” w poziomie jezdni (rys.8.5) lub z jego odsłonięciem przy krawędzi jezdni 2 cm (rys.8.6),
- ściekiem;

Jeżeli na jezdni drogi występuje ściek przykrawężnikowy obniżony to na długości zatoki powinien być on kontynuowany. Możliwe do zastosowania typy ścieków – pkt 4.3.

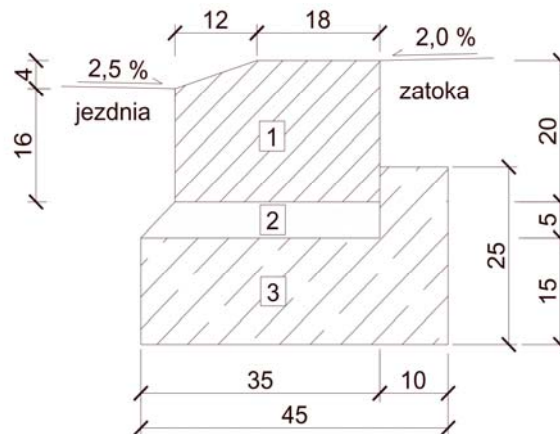


Rys. 8.3. Krawężnik „wtopiony”



Rys. 8.4. Krawężnik „wtopiony” z obniżeniem

1 – krawężnik Da-1/12/25/100, 2 – podsypka cem.- piaskowa 1:4, 3 – ława z betonu C 12/15



Rys. 8.5. Krawężnik „na płasko”. 1 – krawężnik Ua-1/20/30/100, 2 – podsypka cem.-piaskowa 1:4, 3 – ława z betonu C 12/15



Rys. 8.6. Krawężnik „na płasko” z obniżeniem. 1 – krawężnik Ua-1/20/30/100, 2 – podsypka cem.-piaskowa 1:4, 3 – ława z betonu C 12/15

### 8.3 Wymagania przy odbiorze

Przy odbiorze odwodnienia przystanków autobusowych należy sprawdzić zgodność robót z następującymi przepisami:

- OST D-08.05.02 „ Ścieki z betonowej kostki brukowej” (ścieki przykrawężnikowe),
- OST D-08.01.01 „Krawężniki betonowe” (krawężniki betonowe) [29].

### 8.4 Wymagania w okresie eksploatacji

Okresowy przegląd wizualny stanu drożności ścieku.

## **8.5 Zalecenia materiałowe**

Z uwagi na prawidłowe odwodnienie konstrukcja nawierzchni zatoki przystankowej powinna być odporna na deformacje.

Ogólne zalecenia dotyczące materiałów, ich pozyskania i składowania zgodne z podanymi w OST D-M-00.00.00 [30].

Dla ścieków z betonowej kostki brukowej zgodne z OST D-05.03.23 [27].

Dla krawężników betonowych zgodne z OST D-08.01.01 [29].

Jeżeli w dokumentacji projektowej przewidziano wykonanie elementów kanalizacji deszczowej, to materiały użyte do wykonania odwodnienia powinny odpowiadać wymaganiom OST D-03.02.01 „Kanalizacja deszczowa”.

## **9 ODWODNIENIE W OBSZARZE WPLYWÓW GÓRNICZYCH**

### **9.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem opracowania są zalecenia dotyczące zakresu stosowania profilaktyki budowlanej i górniczej w fazie projektowania, budowy i utrzymania składowych systemu odwodnienia dróg.

Zalecenia mają zastosowanie w budownictwie komunikacyjnym do projektowania, budowy i utrzymania wszystkich składowych systemu odwodnienia dróg krajowych, zlokalizowanych w obszarze wpływów górniczych.

### **9.2 Cel zaleceń**

Celem zaleceń jest zminimalizowanie wpływów eksploatacji górniczej na sprawność składowych systemu odwodnienia, zlokalizowanych w pasie drogowym, w okresie ich projektowania, wykonywania (budowy) oraz eksploatacji.

### **9.3 Określenia podstawowe**

**Ogólna klasyfikacja wpływów górniczych** obejmuje: wpływy bezpośrednie, wpływy pośrednie, wpływy wtórne, deformacje ciągłe oraz deformacje nieciągłe (rys.9.1).

**Wpływy bezpośrednie** to przemieszczanie się górotworu do pustki poeksploatacyjnej i związane z tym zniekształcenia górotworu i powierzchni.

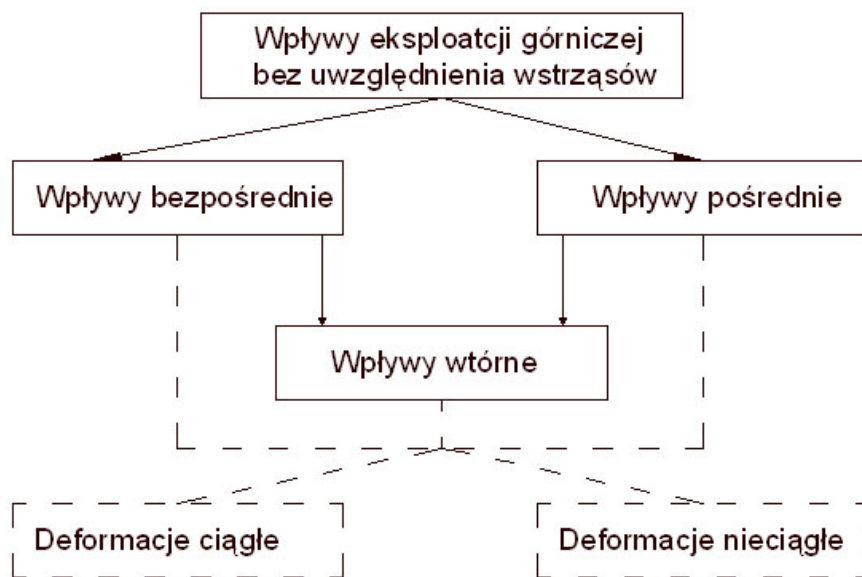
**Wpływy pośrednie** są zjawiskami towarzyszącymi wpływom bezpośrednim i często są wynikiem zmian warunków wodnych w górotworze. Wpływy pośrednie mogą występować poza rejonem ujawniania się wpływów bezpośrednich.

**Wpływy wtórne** są wynikiem aktywizacji nie w pełni ujawnionego wpływu wcześniejszej eksploatacji. Mogą one powstawać w wyniku wpływów bezpośrednich jak i pośrednich a ujawniają się w formie deformacji ciągłych i nieciągłych.

**Deformacje ciągłe** - są to łagodne obniżenia powierzchni terenu w formie niecek obniżeniowych o zasięgu znacznie wykraczającym poza kontury eksploatacji (rys.9.2).

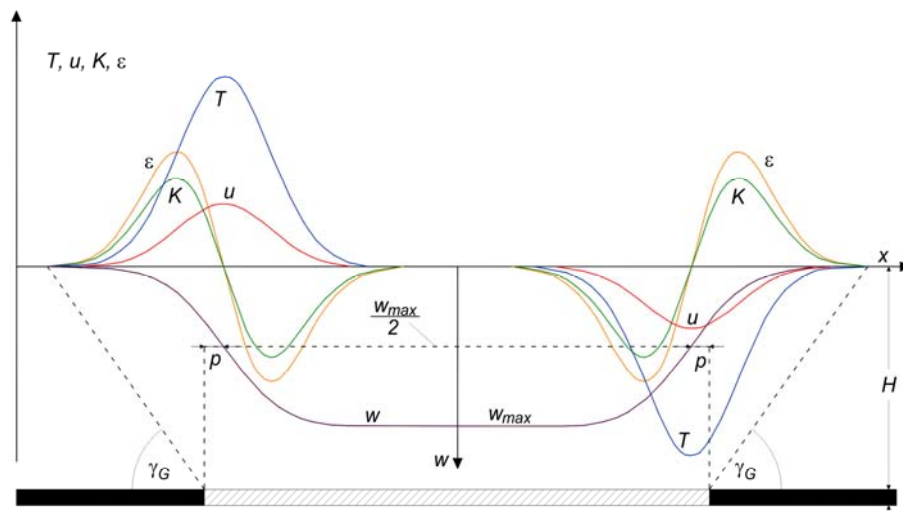
**Deformacje nieciągłe** – charakteryzują się bardzo szybkim procesem tworzenia się na powierzchni terenu, występują w sposób nagły (kilka minut, godzin). Deformacje nieciągłe ze względu na kształt dzieli się na dwa zasadnicze typy [19]:

- **deformacje nieciągłe powierzchniowe** - występujące zwykle w formie lejów lub nieregularnych zapadlisk (rys.9.3). Najczęściej występują nad pustkami poeksploatacyjnymi a ich forma zależy od własności fizykomechanicznych nadkładu.
- **deformacje nieciągłe liniowe** występujące jako pęknięcia i szczeliny terenu oraz progi, fleksury, rowy i osuwiska (rys.9.4). Najczęściej występują: przy skumulowaniu krawędzi eksploatacji, eksploatacji po jednej stronie uskoku oraz przy dużym postępie frontu eksploatacji.



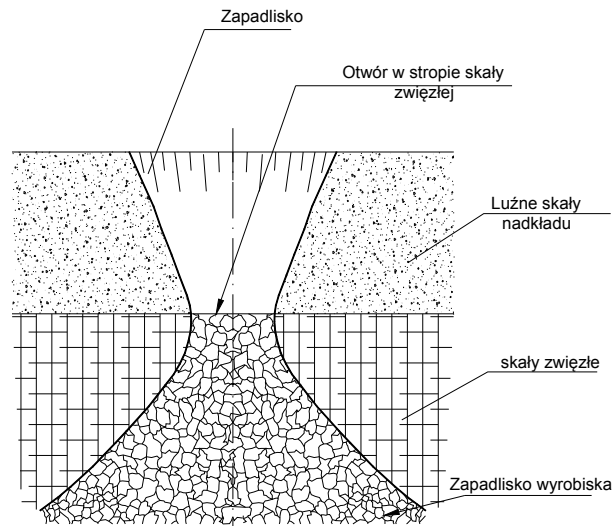
Rys. 9.1. Ogólna klasyfikacja wpływów podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu z uwagi na rodzaje oraz formę ujawniania się deformacji [19]



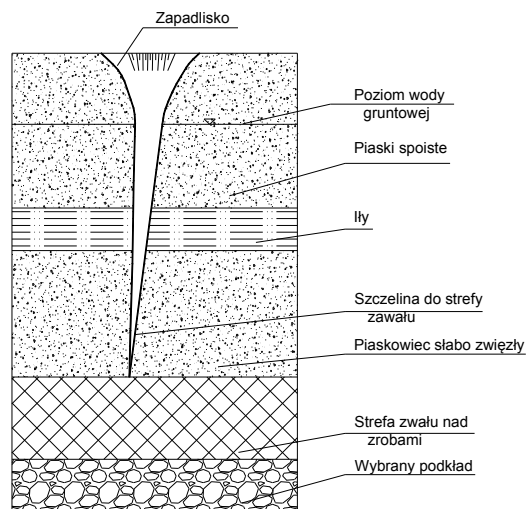


Rys. 9.2. Niecka obniżeniowa -schemat rozkładu ciągłych deformacji powierzchni wzdłuż profilu nad eksploatacją dużego pola [19]:

- $w$  – przemieszczenie pionowe (obniżenie) [m],
- $u$  – przemieszczenie poziome [m],
- $R$  – promień krzywizny R[km].
- $K$  - krzywizna powierzchni [1/km],
- $\varepsilon$  – odkształcenie poziome [mm/m]
- $\varepsilon > 0$  – rozpełzanie,  $\varepsilon < 0$  – spleźanie
- $\gamma_G$  - kąt zasięgu wpływów granicznych,
- $H$  - głębokość eksploatacji
- $g$  - grubość pokładu



Rys. 9.3. Deformacja nieciągła - przekrój deformacji lejka stożkowego powstałego w obszarach płytkiej eksploatacji górniczej [19]



Rys. 9.4. Deformacja nieciągła -przekrój przez spękany górotwór i zapadlisko powstałe nad szczeliną [19]

W odniesieniu do czasu tworzenia się deformacji terenu rozróżnia się:

**Deformacje nieustalone** -są to wpływy występujące po rozpoczęciu eksploatacji, w czasie jej trwania i przez pewien czas po zakończeniu eksploatacji. Deformacje te są chwilowe i zależne od czasu.

**Deformacje ustalone** - są to wpływy występujące po ustaleniu ruchów powierzchni nazywane też są deformacją końcową lub asymptotyczną. Występują po zakończeniu wydobywania węgla. W praktyce występują w okresie od kilku miesięcy do kilku lat po zakończeniu eksploatacji.

**Deformacje resztkowe** – o występowaniu których świadczą pomiary niwelacyjne na terenach, gdzie eksploatacja została zakończona kilkanaście do kilkudziesięciu lat wcześniej.

W odniesieniu do rodzaju eksploatacji rozróżnia się:

**Eksploatację z zawalem stropu** – która prowadzona jest bez ochrony stropu, czyli bez profilaktyki górniczej mającej na celu minimalizację wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu.

**Eksploatację z podszkłą stropu** – obejmującą profilaktykę górniczą np.: przez wykonanie podszkły hydraulicznej, podszkły suchej pełnej, podszkły suchej częściowej lub z częściowym zawalem stropu, podszkły z pozostawieniem filarów ochronnych i inne technologie minimalizujące wpływy górnicze na powierzchni terenu.

#### **9.4 Kategorie terenów górniczych**

W Polsce obowiązuje kategoryzacja terenów górniczych określona na podstawie wielkości trzech parametrów charakteryzujących nieckę obniżeniową (rys. 9.2) (tablica 9.1):

- 1) nachylenie  $T$  [mm/m],
- 2) odkształcenie poziome  $\varepsilon$  [mm/m],
- 3) promień krzywizny  $R$  [1/km]

Do określenia kategorii górniczej terenu nie uwzględnia się obniżenia terenu  $w$  [m] (rys.9.2), które mają istotny wpływ na funkcjonowanie składowych systemu odwodnienia.

Wielkości graniczne dopuszczalnych wielkości: nachyleń, odkształceń oraz promienia krzywizny dla danych kategorii górniczych terenu zestawione w tablicy 9.1 stanowią podstawę do określenia kategorii górniczych terenu.

Tablica 9.1. Kategorie terenu górniczego [19]

Kategoria	Deformacje terenu*		
	Nachylenie T [mm/m]	Odkształcenie właściwe poziome $\varepsilon$ [mm/m]	Promień krzywizny R [km]
I	$\leq 2,5$	$\leq 1,5$	$\geq 20$
II	$\leq 5$	$\leq 3$	$\geq 12$
III	$\leq 10$	$\leq 6$	$\geq 6$
IV	$\leq 15$	$\leq 9$	$\geq 4$
V	$> 15$	$> 9$	$< 4$

\*) Do określenia kategorii terenów górniczych nie uwzględnia się obniżeń terenu, które mają bardzo istotny wpływ na sprawność systemu odwodnienia

## 9.5 prognozy deformacji górniczych terenu

Prognozy deformacji górniczych terenu są opracowywane przez Kopalnie na podstawie danych o planowanej oraz wykonanej w przeszłości eksploatacji górniczej. Rozróżnia się trzy rodzaje prognoz: szczegółowe, przybliżone oraz podstawowe.

**A/ Prognoza szczegółowa** [19] – powinna być sporządzana w przypadku projektowania eksploatacji pod szczególnie ważnymi obiektami (np.: autostrady, drogi klasy S, GP, wieżowce i inne) lub dla warunków górniczych stwarzających zwiększone zagrożenie dla powierzchni. Do sporządzania takiej prognozy wymagane są:

- 1) dobrze rozpoznane warunki geologiczno-górnice (kształt i wielkość pola, wysokość eksploatacji, rozcinka i kierunki eksploatacji),
- 2) szczegółowy harmonogram eksploatacji (czas i zakładana prędkość eksploatacji),
- 3) wyznaczone parametry teorii dla danych warunków geologiczno-górnich.

Dobór wskaźników charakteryzujących wpływy eksploatacji powinien uwzględniać specyfikę obiektów, dla których wykonuje się prognozę. Prognoza deformacji powinna zawierać:

- wskaźniki nieustalone i ustalone z wyróżnieniem kierunków charakterystycznych dla obiektu,
- dynamikę narastania deformacji, tj. maksymalne prędkości narastania,
- rozproszenia wskaźników deformacji.

Forma udokumentowania prognozy: mapy, ze szczególnym uwzględnieniem izolinii obniżeń, wykresy i wartości liczbowe charakteryzujące maksymalne deformacje, prędkości ich narastania i rozproszenie losowe.

**B/ Prognoza podstawowa** [19] – powinna być wykonywana w mniejszym zakresie obliczeń i dokumentowania wskaźników deformacji (rozpoznanie warunków geologiczno-górnicych harmonogram eksploatacji górnicych). Do jej sporządzenia wymagane są:

- rozpoznanie warunków geologiczno-górnicych umożliwiających przyjęcie danych do prognozy,
- harmonogram eksploatacji, zawierający przynajmniej: termin rozpoczęcia i zakończenia eksploatacji ścian,

Zakres obliczonych wskaźników deformacji dla prognozy podstawowej powinien umożliwiać ocenę możliwości przeprowadzenia eksploatacji dla terenów o typowej zabudowie, dla której są określone kategorie odporności bądź scharakteryzowane podstawowe uwarunkowania ich ochrony..

**C/ Prognoza przybliżona** [19] – obejmuje przybliżone rozpoznanie warunków geologiczno- górnicych oraz nieokreślony czas eksploatacji. Podstawą do sporządzania prognozy przybliżonej jest:

- przybliżone rozpoznanie warunków geologiczno-górnicych, zdefiniowane zarysy eksploatacji, grubości pokładów i głębokości eksploatacji nie są dokładne, założone prawdopodobne systemy eksploatacji,

## **9.6 Profilaktyka górnicych**

**Profilaktyka górnicych** – jest to zespół działań i metod z zakresu projektowania i prowadzenia eksploatacji górnicych, zmierzających do zmniejszenia deformacji powierzchni. Profilaktyka może być realizowana przez [19]:

- pozostawienie filarów ochronnych,
- stosowanie różnych sposobów eksploatacji i sposobów likwidacji przestrzeni pustki poeksploacyjnej (np.: eksploatacja na zawał lub eksploatacja z podsadzką), które mają istotny wpływ na wielkość obniżeń terenu (tablica 9.2),
- odpowiednie kształtowanie frontów eksploatacji,
- zmniejszenie intensywności eksploatacji.

## **9.7 Wpływ profilaktyki górnicych na odwodnienie dróg**

Brak profilaktyki górnicych (eksploatacja na zawał) ma istotny wpływ na występowanie niezgodności prognozowanych obniżeń terenu z rzeczywistością. Obniżenia górnicych terenu w [m] wywierają istotny wpływ na sprawność funkcjonowania wszystkich składowych systemu odwodnienia dróg, ponieważ ingerują w zaprojektowany układ wymaganych pochyleń składowych systemu

(rowów, ścieków, drenów, przepustów itp.) tworząc tzw. miejsca bezodpływowe [4][5][6][7].

Wielkość obniżeń terenu w obszarze eksploatacji górniczej zależy od wypełnienia pustki poeksploatacyjnej [19] i określana jest z zależności (9.1):

$$W = a \cdot g \quad (9.1)$$

$W$  - wielkość obniżeń terenu w [m]

$a$  - współczynnik eksploatacji (wg tablicy 9.2)

$g$  - grubość eksploatowanego pokładu węgla [m]

W tablicy 9.2 zestawiono sposoby likwidacji pustki pozostałej po wybraniu węgla i odpowiadające im wartości współczynnika eksploatacyjnego „a”.

**Tablica 9.2. Zestawienie wartości współczynnika eksploatacyjnego „a” [19]**

Sposób likwidacji przestrzeni wybranej - system eksploatacji	Wartość współczynnika $a$
zawał stropu	0,7 ÷ 0,85 *)
podszadzka sucha - pełna z materiału dostarczanego	0,5 ÷ 0,6 *)
podszadzka sucha pneumatyczna	0,4 ÷ 0,5 *)
podszadzka hydrauliczna z piasku	0,15 ÷ 0,25 *)
podszadzka hydrauliczna z kamienia kraszonego (np. Haldex)	0,3
Eksploatacja częściowa pasami w 50% z podszadzką hydrauliczną	0,02 ÷ 0,03 *)
Eksploatacja częściowa pasami w 50% z zawałem stropu	0,1

\*) Wartości większe należy przyjmować przy eksploatacji wielokrotnej.

Przykład wpływu profilaktyki górniczej przy eksploatacji złoża o grubości 2,0 m:

- osiadanie terenu przy eksploatacji na zawał stropu ( $a = 0,7$ ):  
 $w = 0,7 \cdot 2,0 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$
- osiadanie terenu przy eksploatacji z podszadzką hydrauliczną z piasku ( $a = 0,15$ )  
 $w = 0,15 \cdot 2,0 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$

Zaleca się stosowanie profilaktyki górniczej, w zakresie: obniżeń (stosowanie podszadzki) szczególnie w przypadkach projektowania i budowy obiektów liniowych o najwyższych standardach (autostrady, drogi GP), które wymagają

zastosowania niewielkich pochyłeń niwelety (max 4% dla autostrad) i bardzo niewielkich pochyłeń elementów odwodnienia (min 0,2%).

## **9.8 Profilaktyka budowlana**

**Uwarunkowania prawne** Ogólne zalecenia dotyczące projektowania i budowy elementów systemu odwodnienia dróg w obszarze wpływów górniczych zawierają następujące dokumenty:

- Rozporządzenie MTiGM z dnia 02.03.1999 w sprawie „warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” Dz.U.nr 43 poz.430 [53],
- Norma PN-S-02204/1997. Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg [45],
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych [52],
- PN-B-10727/1992 Kanalizacja – Przewody kanalizacyjne na terenach górniczych – Wymagania i badania przy odbiorze [33],
- PN-B-10735/1992 Kanalizacja. Przewody kanalizacyjne. Wymagania i badania przy odbiorze [35],
- PN-B-10729/1992 Kanalizacja – Studzienki kanalizacyjne [34].

Zalecane i stosowane:

- Zasady projektowania i budowy dróg głównych i autostrad na terenach górniczych w świetle doświadczeń ekspertów RFN i brytyjskich [70].

**Zalecany zakres profilaktyki budowlanej** [3][19][56][57][58][59] obejmuje zespół zabezpieczeń wszystkich elementów systemu odwodnienia dróg na wpływy górnicze. Podstawą projektowania profilaktyki budowlanej są prognozowane kategorie górnicze terenu (wg tablicy 9.1) oraz wielkości prognozowanych parametrów deformacji górniczych terenu (nachylenie, odkształcenie poziome, promień krzywizny) dla wymaganego czasokresu .

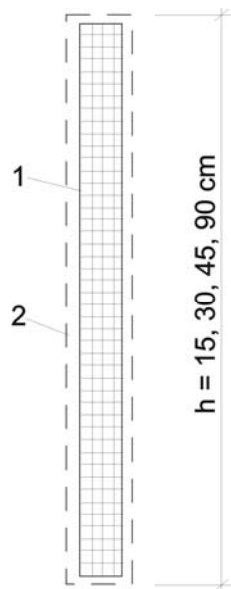
Główne rodzaje zagrożeń dla elementów odwodnienia dróg w obszarze górniczym w wyniku obniżenia terenu to:

- zmiany pochyłeń elementów odwodnienia powierzchniowego (rowy, ścieki, przepusty i inne),
- zmiany pochyłeń elementów odwodnienia wglębnego (dreny, sączki, warstwy filtracyjne i inne),
- zmiany pochyłeń elementów kanalizacji deszczowej,
- w wyniku zmian pochyłeń tworzenie się miejsc bezodpływowych,
- zmiany poziomu wód gruntowych,
- uszkodzenia elementów konstrukcyjnych systemu (drenów, przepustów, studzienek).

W projektowaniu odwodnienia dróg na terenach górniczych zaleca się:

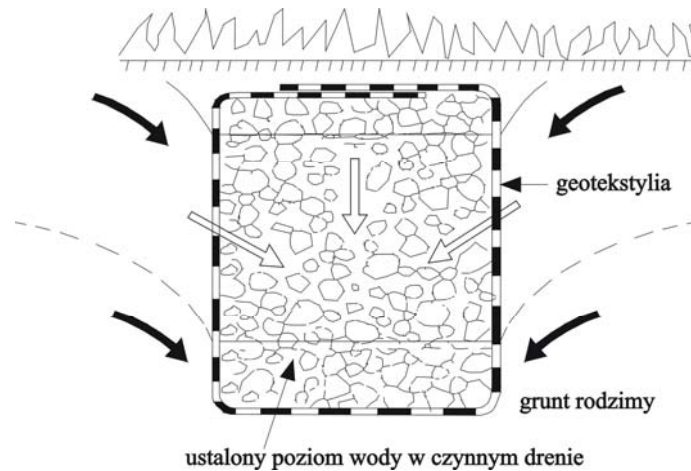
*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

- uwzględniać prognozowane deformacje górnice terenu w analizie dopuszczalnych minimalnych pochyleń składowych odwodnienia powierzchniowego i wglębnego,
- stosować do odwodnienia wglębnego drenaż panelowe (rys. 9.5) lub drenaż francuskie (rys. 9.6), które funkcjonują w pewnym zakresie zmian poziomu wód i zmian minimalnych pochyleń,
- wykonywać wszystkie urządzenia odwodnienia (przepusty, kanały deszczowe, ścieki, drenaż, geosyntetyki) z materiałów zapewniających wymaganą odporność na wpływy prognozowanych parametrów deformacji górnice terenu.



Rys. 9.5. Prefabrykowany dren panelowy z tworzywa sztucznego. Przekrój pionowy 1 – wkładka polietylenowa z kanalikami, 2-geotekstyli





Rys. 9.6. Zasada stosowania drenu francuskiego.

## 9.9 Monitoring deformacji górniczych

**Uwarunkowania prawne** dotyczące monitorowania składowych systemu odwodnienia dróg w obszarze wpływów górniczych zawierają następujące dokumenty:

1. Rozporządzenie nr 430 MTiGM z dnia 02.03.1999 w sprawie „warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” [53],
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych [52],
3. Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych Część 1 i 2 [14].

**Monitoring deformacji górniczych** - jest to cykliczny pomiar parametrów górniczych deformacji terenu i obiektów budowlanych zlokalizowanych w obszarze wpływów górniczych, w celu porównywania ich z wielkościami prognozowanymi określonymi dla planowanej i zrealizowanej eksploatacji górniczej.

**Zakres monitoringu w fazie budowy** powinien obejmować opracowanie programu pomiarów i ustalenie lokalizacji punktów pomiarowych oraz ich stabilizację w terenie. Na rysunku 9.7 i na fotografiach 9.1 oraz 9.2 przedstawiono przykłady stabilizacji i oznakowanie punktu pomiaru. Zakres czynności powinien obejmować:

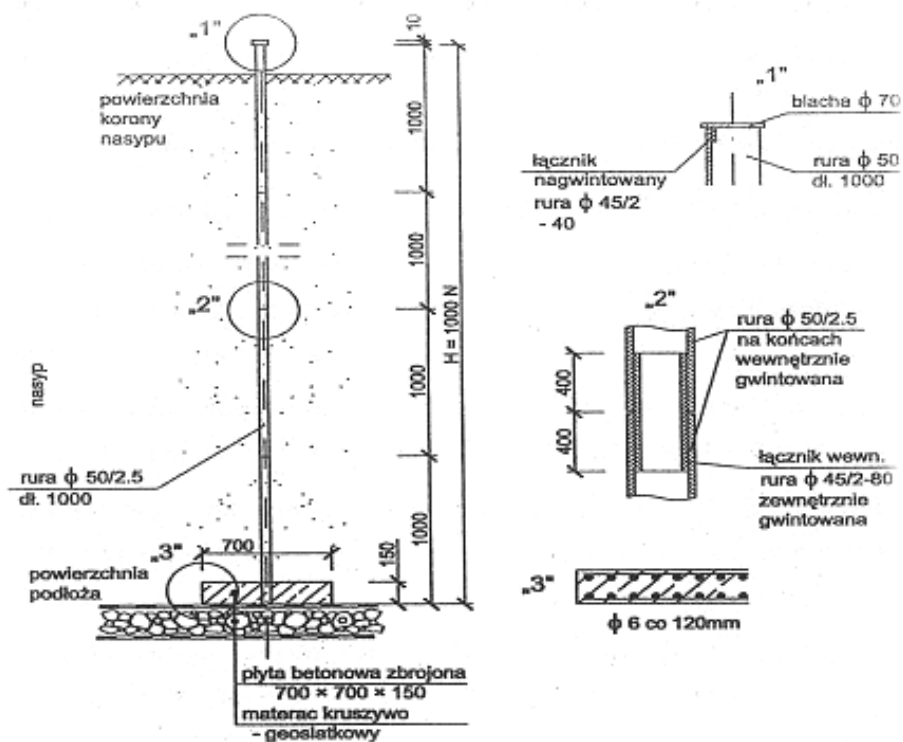
- stabilizację punktów,
- pomiar wielkości parametrów deformacji górniczych terenu i elementów odwodnienia (w wyznaczonych punktach z określoną częstotliwością),

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

- porównanie ich z dopuszczalnymi wielkościami prognozowanymi, stanowiącymi podstawę opracowania dokumentacji składowych odwodnienia,
- opracowywanie wniosków i zaleceń.

**Zakres monitoringu w fazie eksploatacji** składowych odwodnienia powinien obejmować

- pomiar wielkości parametrów deformacji górniczych terenu i elementów odwodnienia (w wyznaczonych punktach z określoną częstotliwością),
- porównanie ich z dopuszczalnymi wielkościami prognozowanymi dla danego czasokresu,
- opracowywanie wniosków i zaleceń.



Rys. 9.7. Stabilizacja punktów w obrębie nasypów



Fot. 9.1. Punkty terenowe



Fot. 9.2. Punkty w studniach kanalizacji deszczowej

## **10 ZALECENIA UTRZYMANIA DRÓG W ZALEŻNOŚCI OD PÓR ROKU**

### **10.1 Wiosenne utrzymanie dróg**

Wiosenne roboty utrzymaniowe zaleca się przeprowadzać zgodnie z zaleceniami *OST D-10.10.01d 'Wiosenne utrzymanie dróg' – Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego Mostowego, Warszawa 2004*.

Roboty utrzymaniowe systemu powinno się rozpocząć z nastaniem pierwszych cieplejszych dni, zazwyczaj w marcu a zakończenie wymaganego zakresu robót powinno być ukończone najpóźniej w maju. Do wiosennych robót utrzymaniowych zalicza się między innymi:

- odprowadzenie wód wiosennych z pasa drogi,
- pielęgnowanie jezdni,
- doprowadzenie drogi do estetycznego wyglądu po okresie zimy,
- przegląd stanu obiektów mostowych i przepustów.

### **10.2 Letnie utrzymanie dróg**

Zgodnie z zaleceniami *OST D-10.10.01e 'Letnie utrzymanie dróg' – Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego Mostowego, Warszawa 2004* do utrzymania torowiska ziemnego w okresie letnim należy wykonywać systematycznie zabiegi utrzymaniowe, do których zalicza się:

- utrzymanie bieżące torowiska ziemnego,
- utrzymanie bieżące jezdni drogowej,
- utrzymanie zadrzewienia przydrożnego,
- utrzymanie i naprawa oznakowania pionowego i poziomego
- dbałość o estetykę drogi.

Niezależnie od wymienionych robót utrzymaniowych, na początku okresu letniego należy wykonać czynności przygotowawcze niezbędne do przeprowadzenia planowanych robót naprawczych.

Zakres prac niezbędnych do utrzymania pasa drogi w okresie lata obejmuje:

- koszenie traw i chwastów w rowach i na poboczach,
- usuwanie uszkodzeń po ulewnych deszczach oraz
- dbałość o skuteczne odwodnienie pasa drogi.

### **10.3 Jesienne utrzymanie dróg**

Do jesiennych robót utrzymaniowych wg *OST D-10.10.01f 'Jesienne utrzymanie dróg'* – Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego Mostowego, Warszawa 2004 należy zaliczyć przede wszystkim:

- uszczelnienie korony drogi przed przenikaniem wód atmosferycznych, w głąb korpusu drogi,
- zapewnienie wymaganego odwodnienia torowiska drogi,
- zabezpieczenie odcinków przelomowych,
- przygotowanie do utrzymania drogi w zimie.
- roboty utrzymaniowe o charakterze ciągłym.

### **10.4 Przyczyny i skutki źle funkcjonującego systemu odwodnienia powierzchniowego**

Brak systematycznego utrzymania: poboczy i rowów wywiera istotny wpływ na trwałość i nośność nawierzchni drogowych. W wyniku braku lub źle działających składowych systemu odwodnienia powierzchniowego i wglębego nawierzchni, tworzą się różnego typu uszkodzenia a w szczególności: wysadziny, przełomy, dziury, koleiny strukturalne, spękania zmęczeniowe i inne.

Wymienione uszkodzenia mają istotny wpływ na bezpieczeństwo użytkowników dróg i niestety często stanowią przyczynę wypadków drogowych. Do skutków źle funkcjonującego systemu odwodnienia należy zaliczyć:

- brak systematycznego utrzymania poboczy i rowów (fot. 10.1, fot.10.2, fot. 10.3, rys. 10.1),
- niedostateczna szerokość pobocza
- źle wyprofilowane pobocza (rys.1),
- wpływ zawilgocenia powierzchni jezdni na bezpieczeństwo jej użytkowników ,
- zawilgocenie i rozmiękczenie poboczy,
- tworzenie się wysadzin i przełomów,
- obniżenie nośności podłoża i powstawanie deformacji nawierzchni,
- naruszanie stateczności torowiska ziemnego oraz tworzenie się zjawisk osuwiskowych.



*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---



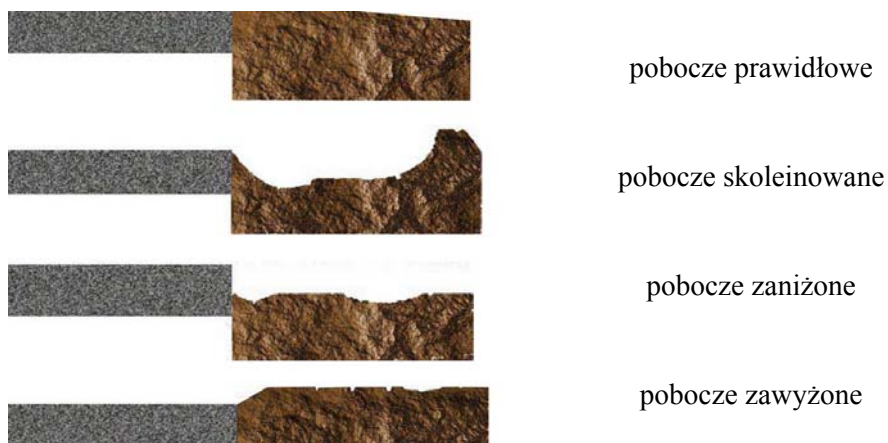
Fot. 10.1. Pobocze zawyżone oraz niedrożne rowy uniemożliwiają spływ wody z nawierzchni



Fot. 10.2. Worki ze śmieciami wyrzucane do rowów utrudniają poprawne odwodnienie rowu



Fot. 10.3. Brak systematycznego utrzymania stanu poboczy



Rys. 10.1. Charakterystyka poboczy

## **11 WYTYCZNE KONTROLI STANU ODWODNIENIA POWIERZCHNI DRÓG**

### **11.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem Zaleceń jest opis procedury wykonywania kontroli stanu odwodnienia powierzchniowego dróg. Celem Zaleceń jest ujednoczenie zasad dokonywania przeglądu.

Podstawą oceny jest Systemem Oceny Stanu Poboczy i Odwodnienia Dróg (SOPO) [48] wprowadzony Zarządzeniem nr 32 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 23 listopada 2005 roku.

Uzupełnieniem systemu SOPO będzie szczegółowa kontrola odwodnienia powierzchniowego dróg, która została przedstawiona w niniejszym opracowaniu.

### **11.2 Warunki prowadzenia kontroli stanu odwodnienia**

Ocenę stanu odwodnienia powierzchniowego dróg należy prowadzić zgodnie z Wytycznymi stosowania SOPO, w których zawarto warunki prowadzenia oceny stanu odwodnienia dróg.

Oprócz oceny prowadzonej zgodnie z systemem SOPO zaleca się przeprowadzenie szczegółowej kontroli stanu odwodnienia. Taką kontrolą powinny zostać objęte odcinki dróg, które w ramach systemu SOPO zostały zakwalifikowane do klasy D i oznaczone kodem IR (indywidualne rozwiązanie).

Szczegółowa kontrola stanu odwodnienia na takich odcinkach powinna odbywać się nie rzadziej, niż co dwa lata. W przypadku pozostałych odcinków w klasie D o potrzebie i częstotliwości wykonywania kontroli decyduje Kierownik Jednostki, na której terenie wykonywana jest ocena.

Kontrola stanu odwodnienia może być wykonywana przez cały rok, jednak najlepszym momentem do jej przeprowadzenia jest okres bezpośrednio po opadach deszczu, co pozwala na łatwe oszacowanie większości wad systemu odwodnienia.

### **11.3 Elementy kontroli stanu odwodnienia drogi**

Kontrola stanu odwodnienia drogi polega na przeglądzie stanu podstawowych elementów systemu odwodnienia powierzchniowego drogi. Elementami podlegającymi ocenie są:

- a) pobocza (spadki oraz stan połączenia pobocza z nawierzchnią),
- b) rowy (spadki, stan skarp, stopień zarośnięcia, stopień zamulenia),
- c) ścieki (stan połączenia z nawierzchnią, stopień zamulenia),



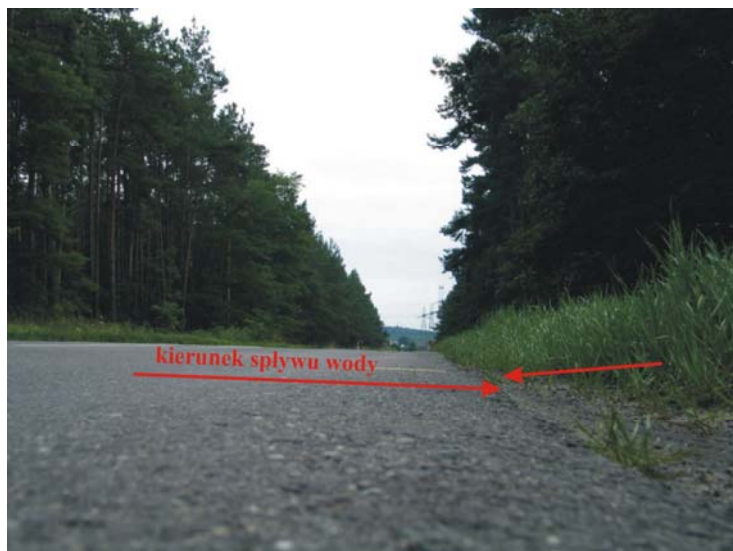
- d) przepusty (stopień zamulenia),
- e) wpusty deszczowe (położenie względem nawierzchni, stopień zamulenia)
- f) ogólny stan działania odbiorników ścieków.

Najczęstszą przyczyną źle funkcjonującego systemu odwodnienia nawierzchni jest brak swobodnego odpływu wody z nawierzchni na pobocza (zawyżenie poboczy) i dalej do systemów odwadniających oraz nieprawidłowa lokalizacja wpustów lub brak ich utrzymania (zamulenie wpustów deszczowych). Źle wyprofilowane pobocza są zazwyczaj pierwszą przeszkodą utrudniającą swobodny odpływ wody z nawierzchni. Niejednokrotnie, jak to opisano w [10], ma to miejsce już na etapie projektowania, budowy czy remontu nawierzchni. Na wielu odcinkach spadki poboczy nie są zachowane, co powoduje zatrzymanie spływającej z nawierzchni wody zaraz przy krawędzi jezdni (fot. 11.1). Zatrzymana w strefie przykrawędziowej woda wnika w głąb konstrukcji, powodując obniżenie trwałości nawierzchni w tej strefie.



Fot. 11.1. Zatrzymanie spływającej z nawierzchni wody przy krawędzi jezdni przez źle wyprofilowane pobocze

W przypadku poboczy gruntowych, praktycznie zawsze porośniętych trawami, występuje dodatkowo zjawisko „rośnięcia” poboczy (fot. 11.2), co na odcinkach o małych spadkach podłużnych i poprzecznych skutecznie zamyka drogę spływu wody powierzchniowej na pobocza i do rowów.



Fot. 11.2 Odcinek z poboczem gruntowym porośniętym trawą, na którym nastąpiło zjawisko „rośnięcia” pobocza

Inaczej rzecz się ma w przypadku odcinków o spadkach większych niż 2%. Na takich odcinkach pobocza gruntowe porośnięte trawą sprawdzają się dobrze, natomiast problem stanowią pobocza ulepszone kruszywem, gdzie części drobne kruszywa są wmywane z pobocza na nawierzchnię, powodując obniżenie trwałości pobocza i w efekcie konstrukcji nawierzchni. Zjawisko to wpływa również na zmniejszenie bezpieczeństwa ruchu pojazdów (fot.11.3).

Innymi elementami drogi wpływającymi na stan odwodnienia nawierzchni są rowy i przepusty. Drożność tych elementów w dużym stopniu decyduje, szczególnie w przypadku okresów o dużych opadach atmosferycznych, o sprawności systemu odwodnienia nawierzchni, a tym samym o trwałości całej konstrukcji drogowej. W większości przypadków brak drożności rowów i przepustów wynika z zbyt małych spadków (zamulanie), dużego zarośnięcia wysoką trawą i krzewami (fot. 11.4) lub też nieprawidłowego połączenia i posadowienia przepustów. Taki stan powodować może długie utrzymywanie wysokiego poziomu wody w rowie, a tym samym podwyższenie poziomu wód gruntowych w obrębie korony drogi.

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---



Fot. 11.3. Wymywanie kruszywa z pobocza



Fot. 11.4. Brak systematycznego utrzymania rowów i urządzeń odwadniających powoduje poważne zakłócenia w prawidłowym odwodnieniu nawierzchni



Fot. 11.5. Droga w terenie pagórkowatym z „zamkniętym” przez korpus drogi spływem wody do niższego punktu zlewni po drugiej stronie drogi

W prawidłowo działającym systemie odwodnienia nawierzchni nie bez znaczenia jest też otoczenie drogi. W tym wypadku decydującym czynnikiem jest dobrze wykonany projekt. Skutki błędów popełnionych na etapie projektowania mogą być bardzo duże i z reguły są trudne i kosztowne do usunięcia (fot.11.5).

Istotnym elementem odwodnienia powierzchniowego nawierzchni są wpusty deszczowe, które prowadzą wody opadowe do kanalizacji. Na istniejących odcinkach dróg wielokrotnie dochodzi do sytuacji, w której wpusty przestają pełnić swoją podstawową rolę. Dzieje się tak głównie z powodu złego lub całkowitego braku utrzymania drożności tych elementów odwodnienia (fot.11.6). Najczęstsze przyczyny niedrożności wpustów to zamulenie, zarastanie a niekiedy również, umieszczony powyżej powierzchni spływu, ruszt wpustu. Sprawne działanie wpustów częstokroć decyduje o odwodnieniu nawierzchni i bezpieczeństwie ruchu drogowego zwłaszcza w przekrojach ulicznych.





Fot. 11.6. Niedrożny wpust deszczowy

## **11.4 Opis metody kontroli stanu odwodnienia drogi**

### **11.4.1 Założenia ogólne**

Kontrola stanu systemu odwodnienia w swej istocie powinna sprowadzać się do określania przyczyn złego funkcjonowania systemu oraz przedstawienia zaleceń przywracających funkcjonalność systemu. W zaleceniach należy przedstawić zakres prac usprawniających odwodnienie nawierzchni a jeżeli to konieczne należy również przedstawić potrzeby w zakresie przeprowadzenia dodatkowych badań na poziomie eksperckim.

Kontrola powinna obejmować odcinki wg kryteriów jednorodności lub zlewni. Długość odcinka powinna być dobierana przez prowadzącego kontrolę w zależności od jednorodności istniejącego stanu, indywidualnie do każdej drogi. Poważne wady systemu odwodnienia mające charakter miejscowy należy wydzielić i przeprowadzić ocenę indywidualną.

W trakcie kontroli należy zwrócić szczególną uwagę na przyczyny złego funkcjonowania systemu odwodnienia nawierzchni. Na to zagadnienie należy spojrzeć w szerszym aspekcie uwzględniając w systemie odwodnienia nawierzchni działanie odbiorników ścieków. Zaleca się przedstawienie wad działania odbiorników ścieków w formie opisowej.

Kontrola powinna być prowadzona przez osobę dysponującą ogólną wiedzą z zakresu diagnostyki nawierzchni i geotechniki oraz znającą przepisy zawarte w Rozporządzeniu [53] i Normie Polskiej [45], przy udziale jednostki utrzymującej drogę, znającej charakter i specyfikę badanego odcinka drogi.

Informacje zbierane w trakcie rejestracji uszkodzeń można zapisywać na specjalnie do tego celu przygotowanym formularzu (rys.11.1). Do każdego

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

formularza należy dołączać wykonywane w trakcie kontroli zdjęcia. Przedstawiony formularz ma charakter dokumentacyjny.

Obmiarowi powinny podlegać spadki poprzeczne, spadki podłużne oraz nachylenia skarp.

<b>DANE OGÓLNE</b>	DROGA:	<input type="text"/>	klasa:	<input type="text"/>	nr ewid:	<input type="text"/>
	od:	<input type="text"/>	węzeł początkowy	<input type="text"/>	pikietaż początkowy [km]	<input type="text"/>
	do:	<input type="text"/>	węzeł końcowy	<input type="text"/>	pikietaż końcowy [km]	<input type="text"/>
	wykonat:	<input type="text"/>	data:	<input type="text"/>	nr serii:	<input type="text"/>
	numer jezdni	<input type="text"/>	liczba pasów	<input type="text"/>	szerokość pasów [m]	<input type="text"/>
					POGODA	<input type="checkbox"/> sucha <input type="checkbox"/> suchąca <input type="checkbox"/> mokra

	Parametr	Wartość	Uwagi
<b>POBOCZA</b>	rodzaj	<input type="text"/>	
	spadek poprzeczny [%]	<input type="text"/>	
	położenie	zawyżone    w poziomie    zaniżone	
<b>ROWY</b>	spadek podłużny [%]	<input type="text"/>	
	głębokość [m]	<input type="text"/>	
	rodzaj umocnienia	<input type="text"/>	
	nachylenie skarp [m:m]	/	
	stopień zarośnięcia	mały    średni    duży	
	stopień zamulenia	mały    średni    duży	
<b>PRZERUŚCI</b>	położenie wlotów i wylotów względem dna rowu	zawyżone    w poziomie    zaniżone	uszkodzenia elementów przepustów:
	stopień zamulenia	mały    średni    duży	
<b>ŚCIEKI</b>	rodzaj	<input type="text"/>	uszkodzenia elementów ścieków:
	położenie ścieku względem nawierzchni	zawyżone    w poziomie    zaniżone	
	połączenie z nawierzchnią	dobrze    złe	
	stopień zamulenia	mały    średni    duży	
<b>WPUSTY</b>	położenie wpustu względem nawierzchni	zawyżone    w poziomie    zaniżone	uszkodzenia wpustów:
	stopień zamulenia	mały    średni    duży	
<b>ODBIORNIK</b>	rodzaj odbiornika ścieków	<input type="text"/>	
	opisowa ocena stanu odbiornika	<input type="text"/>	
<b>ZALECENIA POKONTROLNE</b>			
zalecane prace:			
zalecane badania szczegółowe:			
<b>OCENA STANU ODWODNIENIA (zgodnie z SOPO)</b>			
ZŁY	NIEZADOWALAJĄCY	ZADOWALAJĄCY	DOBRY

Rys. 11.1. Formularz oceny stanu odwodnienia drogi

## **11.4.2 Założenia szczegółowe**

### **11.4.2.1. Dane ogólne**

W części Dane ogólne należy wprowadzić informacje ogólne o odcinku. W przypadku odcinków, na których wcześniej została przeprowadzona ewidencja wg przepisów Rozporządzenia [54] należy wprowadzić dodatkowo dane takie jak numer ewidencyjny odcinka oraz węzeł początkowy i końcowy. Numer serii wprowadzono w celach statystycznych i należy go stosować w przypadku ponownienia przeglądu na tym samym odcinku drogi.

### **11.4.2.2. Pobocza**

W ramach kontroli pobocza należy podać:

- a) rodzaj pobocza,
- b) spadek poprzeczny pobocza,
- c) położenie pobocza względem nawierzchni tj. czy jest ono zawyżone, w poziomie czy też poniżej powierzchni nawierzchni.

W zaleceniach pokontrolnych należy zwrócić szczególną uwagę na przywrócenie poboczom odpowiedniego spadku i położenia względem nawierzchni. Zalecenia powinny być zgodne z Rozporządzeniem [53], w którym podano wymagania dotyczące poboczy.

### **11.4.2.3. Rowy**

W ramach kontroli rowów należy podać:

- spadek podłużny rowu,
- głębokość rowu,
- rodzaj zastosowanych umocnień skarp i dna rowu,
- nachylenie skarp,
- stopień zarośnięcia roślinnością (należy podać rodzaj roślinności),
- stopień zamulenia rowu.

W zaleceniach pokontrolnych należy zwrócić szczególną uwagę na przywrócenie rowom drożności poprzez usunięcie roślinności, nadanie odpowiednich spadków oraz odtworzenie lub wykonanie odpowiednich umocnień skarp i dna rowu. Zalecenia powinny być zgodne z „Zaleceniami projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych” – Zeszyt 1.

#### **11.4.2.4. Przepusty**

W ramach kontroli przepustów należy podać:

- położenie wlotów i wylotów przepustów względem dna rowu,
- stopień zamulenia,
- uszkodzenia elementów przepustów (w formie opisowej).

W zaleceniach pokontrolnych należy zwrócić szczególną uwagę na przywrócenie przepustom drożności poprzez ich oczyszczenie oraz doprowadzenie elementów przepustów do stanu gwarantującego efektywną i bezpieczną pracę. W przypadku poważniejszych uszkodzeń przepustów należy zalecić indywidualną ocenę uszkodzeń, której wyniki posłużą do opracowania odpowiedniej technologii remontu. Zalecenia powinny być zgodne z „Zaleceniami projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli, przejść podziemnych i przepustów” – Zeszyt 3.

#### **11.4.2.5. Ścieki**

W ramach kontroli ścieków należy podać:

- rodzaj ścieku,
- położenie ścieku względem powierzchni nawierzchni,
- stan połączenia z nawierzchnią, (dobre – połączenie szczelne; złe – połączenie nieszczelne, umożliwiające penetrację wody w głąb konstrukcji),
- stopień zamulenia.

W zaleceniach pokontrolnych należy zwrócić szczególną uwagę na uszkodzenia elementów wpływających na drożność ścieku. Wady ścieku takie jak zawyżenie ścieku względem powierzchni nawierzchni czy uszkodzenia elementów prefabrykowanych ścieku należy usuwać, o ile to możliwe, w ramach prac utrzymaniowych. Usunięcie poważniejszych wad należy przewidzieć ramach remontu nawierzchni. Zalecenia powinny być zgodne z „Zaleceniami projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych” – Zeszyt 1.

#### **11.4.2.6. Wpusty**

W ramach kontroli wpustów należy podać:

- położenie wpustu względem powierzchni nawierzchni,
- stopień zamulenia.

W zaleceniach pokontrolnych należy zwrócić szczególną uwagę na drożność wpustu oraz na uszkodzenia elementów wpustu wpływających na jego drożność. W przypadku widocznych objawów wadliwego działania odwodnienia



należy zalecić indywidualną ocenę drożności kanalizacji. Zalecenia powinny być zgodne z „Zaleceniami projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych” – Zeszyt 1.

#### **11.4.2.7. Odbiorniki**

W niniejszej kontroli przewidziano możliwość oceny stanu odbiorników ścieków. Taką ocenę należy przeprowadzić w przypadku widocznych wad systemu odwodnienia nawierzchni, będących następstwem złego lub braku działania odbiornika. Ocenę należy przedstawić w formie opisowej uwzględniając stan odbiornika oraz wpływ wadliwego działania na odwodnienie nawierzchni. Zalecenia powinny być zgodne z „Zaleceniami projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych” – Zeszyt 1.

#### **11.4.2.8. Zalecenia pokontrolne i ocena stanu odwodnienia wg SOPO**

W części tej należy przedstawić zalecenia pokontrolne dla badanego odcinka drogi. Zalecenia powinny obejmować przewidywane zabiegi utrzymaniowe, naprawy elementów systemu odwodnienia oraz w szczególnych przypadkach zalecenia wykonania dodatkowych badań szczegółowych. Zalecenia powinny być przedstawione w formie opisowej a proponowane zabiegi utrzymaniowe jak i technologie napraw uszkodzeń zgodne z wymaganiami zawartymi w Zeszytach 1 i 3 oraz w Rozporządzeniu [53].

W części ocena stanu odwodnienia należy zaznaczyć ocenę dla odcinka wynikająca z przeprowadzonej wcześniej oceny stanu według wytycznych SOPO. Jeżeli dla badanego odcinka nie wyznaczono takiej oceny należy, na podstawie przeprowadzonej kontroli szczegółowej, określić stan odwodnienia według kryteriów przyjętych w systemie SOPO Tablica 11.1.

Tablica 11.1. Kryteria oceny elementów odwodnienia wg SOPO

Stan techniczny	Kryterium oceny elementów systemu odwodnienia
<b>ZŁY</b>	<p>Elementy odwodnień zasypane (przejazdy na pola bez przepustów).                      Przepusty zarwane, zamulenie powyżej 30% wysokości przekroju.                      Rowy zarośnięte krzewami lub drzewami. Brak odpływu wody z rowu.                      Ścieki odprowadzające niedrożne wskutek wykonania „dzikich zjazdów” lub nienależytego wykonania łąt na nawierzchni jezdni.                      Ścieki odprowadzające z uszkodzonymi elementami konstrukcyjnymi.                      Studzienki kanalizacyjne zamulone lub zasypane.                      Wpusty studzienek kanalizacyjnych zawyżone.</p>
<b>NIEZADOWALAJĄCY</b>	<p>Nieregularna linia odwodnienia (ze szczególnym uwzględnieniem dna rowu), rów częściowo zamulony.                      Przepusty zamulone, warstwa namułu do 30% wysokości przekroju.                      Ścieki odprowadzające zasypane, zarośnięte chwastami.</p>
<b>ZADOWALAJĄCY</b>	<p>Wyraźna linia rowów. Rowy zarośnięte niska trawa.                      Dopuszczalne zaniżenie wpustów studzienek kanalizacyjnych.                      Dopuszczalne spękania nawierzchni wokół wpustów studzienek kanalizacyjnych.                      Przepusty zamulone, warstwa namułu do 15 % wysokości przekroju.</p>
<b>DOBRY</b>	<p>Nowe elementy systemu odwodnienia, bez widocznych uszkodzeń.                      Kilkuletnie elementy w pełni realizujące swoje funkcje.</p>

## **12 ZALECENIA DO OCENY STANU ODWODNIENIA WGLĘBNEGO DRÓG**

### **12.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem Zaleceń jest określenie zakresu wymaganych badań, niezbędnych do oceny stanu funkcjonalności składowych systemu odwodnienia wgłębnego podłoża i nawierzchni istniejącej sieci dróg, placów oraz przystanków komunikacyjnych. Zakres oceny powinien obejmować [8] [11], [45]:

- **składowe drenażu głębokiego**, którego zadaniem jest obniżenie istniejącego poziomu wód gruntowych do poziomu wymaganego licząc od spodu konstrukcji nawierzchni (pkt. 5.3 Zeszytu pt.: Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych),
- **składowe drenażu płytkiego**, którego zadaniem jest szybkie odprowadzenie wody zbierającej się w obrębie warstw filtracyjnych nawierzchni drogowej oraz ulepszonego podłoża drogowego.(pkt. 5.4 Zeszytu pt.: Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych).

Do warstw filtracyjnych nawierzchni zalicza się: warstwę podbudowy, warstwy mrozoochronną odsączającą i wzmacniającą podłożę, jeżeli wykonane są z materiałów sypkich (niezwiązanych).

Analiza wyników oceny sprawności składowych systemu odwodnienia wgłębnego warstw nawierzchni i podłoża, powinna stanowić podstawę do określenia zakresu wymaganego remontu lub przebudowy, ponieważ brak lub źle funkcjonujący drenaż ma zasadniczy wpływ na obniżenie nośności podłoża oraz nawierzchni a tym samym na jej wymaganą trwałość eksploatacyjną.

### **12.2 Zalecany zakres czynności rozpoznawczych**

Do czynności rozpoznawczych niezbędnych do wstępnej oceny stanu odwodnienia wgłębnego nawierzchni istniejących zalicza się [52], [53]:

- zapoznanie się z dokumentacją projektową oraz powykonawczą dla przedmiotowego odcinka drogi dotyczącą:
  - a) drenażu głębokiego** (przewody drenarskie powinny być usytuowane poniżej granicy przemarzania),
  - b) drenażu płytkiego** (przewody drenarskie lub materiał drenujący powinny być usytuowane w korycie drogowym lub nieco poniżej)
- rozpoznanie czy odprowadzenie wody z drenażu płytkiego zrealizowane zostało przez zastosowanie sączków poprzecznych (rys.5.20) czy przez zastosowanie drenów podłużnych (rys. 5.16 ÷ 5.19),

- wstępne określenie przyczyn źle funkcjonującego odwodnienia wgłębnego, np.: brak systematycznego bieżącego utrzymania rowów skutkuje „spłyceniem rowów”, które uniemożliwia skuteczne odprowadzenie wody z warstwy odsączającej poprzez system sączków poprzecznych do rowu (rys.5.20). Woda zalegająca w rowie powyżej poziomu wylotu sączka ma istotny wpływ na obniżenie nośności nawierzchni.

### **12.3 Zalecany zakres cyklicznych badań i pomiarów**

Zakres badań i pomiarów kontrolnych w okresie eksploatacji składowych odwodnienia wgłębnego musi być realizowany przy zastosowaniu nowoczesnych technik oceny i pomiaru, które umożliwiają:

- ocenę drożności i szczelności drenów podłużnych,
- ocenę skuteczności odprowadzenia wody z warstw filtracyjnych poprzez sączki poprzeczne do rowów przydrożnych,
- ocenę skuteczności odprowadzenia wody z warstw filtracyjnych nawierzchni do systemu drenów podłużnych,
- porównanie projektowanych pochyłeń poszczególnych liniowych elementów odwodnienia wgłębnego z pomierzonymi.

Wykonanie cyklicznych badań i pomiarów kontrolnych składowych odwodnienia wgłębnego jest możliwe przy zastosowaniu nowoczesnych technologii pomiaru a w szczególności:

- metody radarowej,
- technologii GPS zalecanej szczególnie do pomiarów w obszarze terenów górniczych oraz
- fotogrametrii.
- Częstotliwość pomiarów kontrolnych składowych odwodnienia wgłębnego powinna zależeć od klasy drogi oraz kategorii obciążenia ruchem.

Zaleca się wykonywanie w/w pomiarów i badań kontrolnych stanu odwodnienia wgłębnego dla dróg krajowych, których nawierzchnie zostały zaklasyfikowane w ramach oceny SOSN do klasy D oraz C:

- dla dróg o obciążeniu ruchem KR6, KR5 – co 2 lata,
- dla dróg o obciążeniu ruchem KR4, KR3 co 3 lata

### **12.4 Zalecany zakres danych i pomiarów w obszarze wpływów górniczych [19] [17]**

W obszarze wpływów eksploatacji górniczej występują odkształcenia górnicze terenu, których skutkiem są deformacje ciągłe i nieciągłe mające istotny wpływ na degradację składowych systemu odwodnienia powierzchniowego oraz wgłębnego nawierzchni drogowej.

Zagadnienie wpływu eksploatacji górniczej na system odwodnienia dróg i trwałość nawierzchni omówiono w rozdziale 9-tym opracowania. Szczególnie istotny wpływ na funkcjonowanie składowych systemu odwodnienia węglnego i powierzchniowego mają górnicze obniżenia terenu w[m]

Zaleca się, aby podstawą do oceny stanu odwodnienia węglnego dróg były dane uzyskane z kopalń, dotyczące nie tylko kategorii terenu górniczego (tablica 9.1), ale również dane dotyczące prognozowanych obniżen terenu (tablica 9.2 oraz wzór 9.1).

Obniżenia górnicze terenu mają wpływ na zmianę ukształtowania pochyłeń w przekroju podłużnym drogi jak również w przekroju poprzecznym. Szczególnie niebezpieczny jest wpływ obniżen górniczych terenu na zmianę przechyłki na łuku poziomym.

Zaleca się w obszarze dróg o intensywnym obciążeniu ruchem realizować monitoring deformacji górniczych nawierzchni ze względu na bezpieczeństwo ruchu.

Wyniki monitoringu [17] stanowią podstawę prawną do negocjacji o odszkodowania za uszkodzenia składowych systemu odwodnienia dróg spowodowane wydobywaniem węgla.

## **13 Zalecany zakres wymagań zawartości projektu odwodnienia**

### **13.1 Przedmiot i zakres zaleceń**

Przedmiotem zaleceń jest określenie wymaganego zakresu zawartości projektu odwodnienia drogi. Zakres zaleceń obejmuje:

- a) odwodnienie powierzchniowe,
- b) odwodnienie wgłębne,
- c) kanalizację deszczową,
- d) odwodnienie w obszarze wpływów górniczych.

### **13.2 Zalecany zakres czynności rozpoznawczych**

Zakres czynności rozpoznawczych, które stanowią podstawę opracowania dokumentacji projektowej powinien obejmować:

- a) ogólną charakterystykę terenu (teren zabudowany, teren niezabudowany, ukształtowanie terenu, tereny chronione),
- b) dane niezbędne do obliczeń hydraulicznych (opady atmosferyczne, wielkość opadów, retencje i jej rodzaje, natężenie opadów, deszcz miarodajny),
- c) zalecany zakres czynności rozpoznawczych (wykonanie odwiertów identyfikujących poziom wody gruntowej, ocenę gruntów na podstawie odwiertów, charakterystykę poszczególnych zlewni i inne,
- d) zalecany zakres danych i pomiarów w obszarze wpływów górniczych.

### **13.3 Wymagany zakres projektu odwodnienia**

Projekt odwodnienia drogi powinien zawierać:

- część obliczeniową (wyniki obliczeń hydraulicznych wykonanych na podstawie danych charakteryzujących zlewnie drogowe),
- plan sytuacyjny,
- przekrój podłużny,
- przekroje poprzeczne,
- plany wysokościowe i warstwicowe,
- charakterystykę składowych odwodnienia powierzchniowego,
- poziomy zwierciadła wód gruntowych (na podstawie odwiertów),
- charakterystykę odwodnienia wgłębnego,
- zakres badań i pomiarów cyklicznych, który powinien uwzględniać rodzaj obciążenia danej drogi oraz jej klasę.
- wpływ deformacji górniczych w obszarach górniczych na składowe systemu odwodnienia.

#### **13.4 Zalecany zakres danych i pomiarów w obszarze wpływów górniczych [19] [17]**

Obniżenia górnicze terenu mają istotny wpływ na zmianę ukształtowania pochyłeń w przekroju podłużnym drogi, jak również w przekroju poprzecznym.

Bardzo niebezpieczny dla użytkowników drogi jest wpływ górniczych obniżeń terenu na zmianę przechyłki na łuku poziomym. Szczególnie istotny wpływ na funkcjonowanie składowych systemu odwodnienia wglębnego i powierzchniowego mają górnicze obniżenia terenu w [m]

Zaleca się w obszarze dróg o intensywnym obciążeniu ruchem realizować monitoring deformacji górniczych nawierzchni ze względu na bezpieczeństwo ruchu.

## **Literatura**

- [1] ATV-DVWK-A 127P, Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und – leitungen. GFA Gessellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef, 3 Aufgabe 2000.
- [2] BN-83/8971-06.02. Rury bezciśnieniowe. Rury betonowe i żelbetowe.
- [3] Chlipalski K., Strycharz B., Żak A.: Problematyka ochrony dróg kołowych przed szkodami górnictwem. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej „Ochrona powierzchni i obiektów budowlanych przed szkodami górnictwem” Katowice 1997,
- [4] Chlipalski K., Strycharz B., Żak A.: Trwałość nawierzchni podatnej na terenach górniczych. Projekt badawczy KBN Nr 9 0445 9101, Politechnika Śląska, Gliwice 1993,
- [5] Chlipalski K., Strycharz B.: Ochrona konstrukcji nawierzchni przed wpływem eksploatacji górnictwa. VII Konferencja naukowa – Krynica 1996, Drogownictwo 9/96,
- [6] Chlipalski K., Strycharz B.: Projektowanie i budowa nowoczesnej infrastruktury transportowej w Aglomeracji Śląskiej. XLVIII Techniczne Dni Drogowe, Międzyzdroje, 7-9 listopad 2005
- [7] Chlipalski K., Strycharz B.: Wymiarowanie nawierzchni podatnych na drogach podlegających wpływom eksploatacji górnictwa. II Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchni drogowe”, Kielce 1996,
- [8] Datka S.: Odwodnienie dróg i ulic. WKiŁ, Warszawa 1970
- [9] Datka S.: Ulice. Kraków 1986
- [10] Drowing D.: Odwodnienie podłoża – podstawa trwałości nawierzchni drogowej. Drogownictwo nr 6, Warszawa 2005
- [11] Edel R.: Odwodnienie dróg. WKiŁ, Warszawa 2006
- [12] Grzybowska W.: Stosowanie geosyntetyków w budowie nawierzchni drogowych.[http://edroga.pl/images/stories/dim\\_wykonawstwo/geosyntetyki\\_i\\_w\\_nawierzchniach\\_drog/ustron\\_geo\\_syntetyki\\_2009.pdf](http://edroga.pl/images/stories/dim_wykonawstwo/geosyntetyki_i_w_nawierzchniach_drog/ustron_geo_syntetyki_2009.pdf)
- [13] Instrukcja projektowania małych rond. GDDP, Warszawa 1999
- [14] Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych Część 1 i 2, GDDP Warszawa 1998,
- [15] Katalog szczegółów drogowych ulic, placów i parków miejskich. CTBK, Warszawa 1987
- [16] Katalogi producentów.
- [17] Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych. IBDiM, GDDP, Warszawa 2001. Strycharz B.: Naprawa nawierzchni w obszarze wpływów górniczych, s. 88-93
- [18] Kuliczkowski A.: Rury kanalizacyjne. T. II. Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004



- [19] Kwiatek J. i in.: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wyd. GIG, Katowice 1998
- [20] Lebedowski M.: Uzbrojenie terenu. Wyd. Politechniki Łódzkiej, Łódź 2004
- [21] Lenczewska-Samotyja E., Łowisk A., Zdrojewska N.: Zarys geologii elementami geologii inżynierskiej i hydrogeologii. Wyd. pol. Warszawskiej, Warszawa 1992
- [22] Madryas C., Kolonko A., Wysocki L.: Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002
- [23] Ogólna Specyfikacja Techniczna OST D 08.05.00. Rowy. GDDP, Warszawa 1998
- [24] Ogólna Specyfikacja Techniczna OST D 08.05.00. Ścieki. GDDP, Warszawa 1998
- [25] Ogólna Specyfikacja Techniczna OST D-03.02.01. Kanalizacja deszczowa. GDDKiA, Warszawa 2006
- [26] Ogólne Specyfikacje Techniczne OST D-03.03.01. Sączki podłużne. GDDKiA, Warszawa 2006
- [27] Ogólne specyfikacje techniczne OST D-05.03.23. Nawierzchnia z kostki brukowej betonowej. GDDP, Warszawa 2001
- [28] Ogólne Specyfikacje Techniczne OST D-06.05.01. Sączki poprzeczne w poboczu. GDDP, Warszawa 2001
- [29] Ogólne specyfikacje techniczne OST D-08.01.01. Krawężniki (betonowe i kamienne). GDDP, Warszawa 2001
- [30] Ogólne specyfikacje techniczne OST D-M-00.00.00. Wymagania ogólne. GDDKiA, Warszawa 2002
- [31] PN-88/B-02014. Obciążenia budowli. Obciążenia gruntem
- [32] PN-B-01707:1992. Instalacje kanalizacyjne. Wymagania w projektowaniu.
- [33] PN-B-10727:1992. Kanalizacja. Przewody kanalizacyjne na terenach górniczych. Wymagania i badania przy odbiorze.
- [34] PN-B-10729:1992. Kanalizacja. Studzienki kanalizacyjne.
- [35] PN-B-10735:1992. Kanalizacja. Przewody kanalizacyjne. Wymagania i badania przy odbiorze.
- [36] PN-EN 1401-1:1999 Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Podziemne bezciśnieniowe systemy przewodowe z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U) do odwadniania i kanalizacji. Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu.
- [37] PN-EN 1852-1:1999/A1:2004 Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Podziemne bezciśnieniowe systemy przewodowe z polipropylenu (PP) do odwadniania i kanalizacji. Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu (Zmiana A1).

- [38] PN-EN 124:2000. Zwieńczenia wpustów i studzienek kanalizacyjnych do nawierzchni dla ruchu pieszego i kołowego. Zasady konstrukcji, badania typu, znakowanie, sterowanie jakością.
- [39] PN-EN 12666-1:2007 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Polietylen (PE). Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i systemu.
- [40] PN-EN 13101:2002. Stopnie do studzienek wjazdowych. Wymagania, znakowanie, badania i ocena zgodności.
- [41] PN-EN 14364:2007 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowego i bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Termoutwardzalny tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem szklanym (GRP), na bazie nienasyconej żywicy poliestrowej (UP). Specyfikacje rur, kształtek i połączeń
- [42] PN-EN 295-1:1999/A3:2002 Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej. Wymagania (Zmiana A1)
- [43] PN-EN 752-1:2000. Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Pojęcia ogólne i definicje.
- [44] PN-EN 598:2000 Rury, kształtki, i wyposażenie z żeliwa sferoidalnego oraz ich połączenia do odprowadzania ścieków. Wymagania i metody badań.
- [45] PN-S-02204:1997. Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg.
- [46] PN-S-02205:1998. Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Nazwy, określenia, wymagania i badania.
- [47] PN-S-10030: 1985. Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [48] Radzikowski M.: System Oceny Stanu Poboczy i odwodnienia Dróg (SOPO)-Wytyczne stosowania, Warszawa, 2005
- [49] Rosikoń A.: Budownictwo komunikacyjne na terenach objętych szkodami górnictwami. WKiŁ, Warszawa 1979
- [50] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004 r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym. Dz. U. nr 198, poz. 2041.
- [51] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. nr 137, poz. 984.
- [52] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 14 maja 1997 w sprawie Przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych. Dz. U nr 62 poz. 392
- [53] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz. U. nr 43 poz. 430

- [54] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 lutego 2005 r. w sprawie sposobu numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom i tunelom. Dz. U. nr 67 poz. 582
- [55] Słyś D.: Retencja i infiltracja wód deszczowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów 2008
- [56] Strycharz B., Basiński T.: Wpływ odwodnienia na trwałość nawierzchni drogowych VIII Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe”. Kielce 2002
- [57] Strycharz B.: Odwodnienie - konieczny element odnowy i wzmocnienia nawierzchni drogi. Seminarium pt.: Jakość w odnowach dróg krajowych. GDDKiA i IBDiM, Józefów, marzec 2005
- [58] Strycharz B.: Wpływ systemu odwodnienia na stan nawierzchni drogowych. XLI Techniczne Dni Drogowe. Mrągowo, 1998
- [59] Strycharz B.: Znaczenie odwodnienia dróg i jego specyfika na terenach górniczych, konferencja nt.: Nowoczesne systemy odwodnienia dróg zalecana dla terenów górniczych SITK Oddział Katowice, listopad 1999
- [60] Strycharz B.: Wpływ odwodnienia pasa drogowego na trwałość nawierzchni drogowej. II Konferencja Letnie Utrzymanie Dróg Publicznych. Tleń 16-17 czerwca 2009, s. 61-74
- [61] Szling Z., Pacześniak E.: Odwodnienie budowli komunikacyjnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2004
- [62] Szpindor A.: Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa 1998
- [63] Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych. Dz. U. nr 82, poz. 881
- [64] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych. Dz. U. nr 14, poz. 60 z późn. zm.
- [65] Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci kanalizacyjnych. Zeszyt 9. COBRTI INSTAL, Warszawa 2003
- [66] Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych. Instrukcja 416/2006, ITB, Warszawa 2006
- [67] Wytyczne projektowania dróg III, IV i V klasy technicznej WPD-2. GDDP, Warszawa 1995
- [68] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część I - Skrzyżowania zwykłe i skanalizowane. Część II – Ronda. GDDP, Warszawa 2000
- [69] Zasady ochrony środowiska w drogownictwie. Załącznik do rozporządzenia nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 24 maja 1999 Tom IV
- [70] Zasady projektowania i budowy dróg głównych i autostrad na terenach górniczych w świetle doświadczeń ekspertów RFN i brytyjskich. Praca zbiorowa, Zarząd Autostrad, Warszawa 1980

## **Spis rysunków i fotografii**

Rys. 2.1 Schemat wód działających na nawierzchnię, pobocza i skarpy rowów. ....	12
Rys. 2.2 Linia spływu po powierzchni drogi jednojezdniowej [11].....	14
Rys. 3.1 Zlewnie drogowe [8].....	20
Rys. 3.2 Przekrój poprzeczny rowu do obliczeń hydraulicznych według [11]. ....	30
Rys. 4.1 Mulda trawiasta wykonana z humusu obsianego trawą. ....	36
Rys. 4.2 Rów odpływowy. ....	37
Rys. 4.3 Rów trójkątny. ....	37
Rys. 4.4 Rów trapezowy. ....	38
Rys. 4.5 Lokalizacja rowu stokowego. ....	40
Rys. 4.6 Lokalizacja rowu stokowego. ....	41
Rys. 4.7 Rów stokowy – szczegół ‘A’ z rysunków 4.5 i 4.6. ....	42
Rys. 4.8 Połączenie rowu przydrożnego z odbiornikiem wód opadowych za pomocą rowu odpływowego. ....	43
Rys. 4.9 Rów z kaskadą. ....	45
Rys. 4.10 Schemat rozmieszczenia stopni w rowie z kaskadami. ....	45
Rys. 4.11 Kaskada betonowa. ....	46
Rys. 4.12 Bystrotok betonowy. ....	47
Rys. 4.13 Ścieki przykrawężnikowe. ....	49
Rys. 4.14 Rodzaje ścieków międzyjezdniowych. ....	49
Rys. 4.15 Ściek przykrawężnikowy zwykły. ....	50
Rys. 4.16 Ściek przykrawężnikowy obniżony: a) z dwóch rzędów klinkieru, b) z trzech rzędów klinkieru. 1 – krawężnik Ua-1/15/30/100; 2 – klinkier; 3 - podsypka cem.-piaskowa 1:4; 4 – ława z betonu C 12/15 [15]. ....	51
Rys. 4.17 Ściek przykrawężnikowy obniżony z betonowego prefabrykatu. 1 – krawężnik Ua-1/15/30/100; 2 – betonowy prefabrykat; 3 - podsypka cem.-piaskowa 1:4; 4 – ława z betonu C 12/15 [15]. ....	51
Rys. 4.18 Ściek pilasty. ....	52
Rys. 4.19 Ściek międzyjezdniowy: a) z 2 rzędów klinkieru drogowego, b) z 4 rzędów klinkieru. 1 – klinkier drogowy 8 x 10 x 22; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – ława z betonu C 12/15 [15]. ....	53
Rys. 4.20 Ściek międzyjezdniowy z 2 rzędów kostki kamiennej; 1 – kostka kamienna nieregularna wys. 10 cm; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – ława z betonu C 12/15 [15]. ....	53
Rys. 4.21 Ściek międzyjezdniowy z prefabrykatu. 1 – płyta ściekowa betonowa – typ korytkowy; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – ława z betonu C 12/15 [15]; szczegóły wymiarów prefabrykatu przedstawiono na rys. 4.24. ....	54
Rys. 4.22 Korytko z rusztem [11]. ....	54
Rys. 4.23 Ściek szczelinowy [11]. ....	55
Rys. 4.24 Ściek szczelinowy z wyprofilowanym krawężnikiem [11]. ....	56
Rys. 4.25 Ściek drogowy korytkowy. 1 – płyta ściekowa typ korytkowy; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – podbudowa z żwiru, pospółki; 4 – humus [15]. ....	57
Rys. 4.26 Ściek drogowy trójkątny. 1 – płyta ściekowa typ trójkątny; 2 – podsypka cem. – piaskowa 1:4; 3 – podbudowa z żwiru, pospółki; 4 – humus [15]. ....	57
Rys. 4.27 Zbiornik retencyjny otwarty według [11]. ....	60

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

Rys. 4.28 Zbiornik retencyjny otwarty o rozszerzonej retencji według [69].	62
Rys. 4.29 Zbiornik retencyjny otwarty ze stałą strefą wodną według [69].	64
Rys. 4.30 Zbiornik retencyjny zamknięty z wewnętrzną kaskadą według [11].	65
Rys. 4.31 Umocnienie przekroju rowu elementami z twardego drewna.	67
Rys. 4.32 Dno i skarpy rowu umocnione elementami kamiennymi lub ażurowymi.	67
Rys. 4.33 Rów z gładkim umocnieniem dna z elementów betonowych.	67
Rys. 4.34 Dno i skarpy rowu umocnione poprzez wybrukowanie.	68
Rys. 4.35 Przykład uszczelnienia dna rowu skarpowego [11].	68
Rys. 4.36 Mulda z gładkim umocnieniem dna.	69
Rys. 4.37 Mulda z porowatym umocnieniem dna.	69
Rys. 4.38 Mulda brukowana.	70
Rys. 5.1 Układ warstw konstrukcji nawierzchni drogowej oraz warstw ulepszonego podłoża w wykopie (spadek poprzeczny 2,5%).	80
Rys. 5.2 Układ warstw konstrukcji nawierzchni drogowej i jej podłoża w nasypie (spadek poprzeczny 2,5%).	81
Rys. 5.3 Obniżenie zwierciadła wody gruntowej. Warianty sytuowania drenów w przekroju drogi 1-jezdniowej. a) dreny przy krawędzi nawierzchni, b) dreny pod dnem rowu [8].	84
Rys. 5.4 Obniżenie zwierciadła wody gruntowej. Usytuowania drenów w przekroju drogi 2-jezdniowej.	84
Rys. 5.5 Obniżenie zwierciadła wody gruntowej (usytuowanie drenów pod dnem rowu; wymaga uszczelnienia dna rowu) [8].	85
Rys. 5.6 Schematy sączków skarpowych – sposoby rozmieszczenia na skarpie [8].	86
Rys. 5.7 Przykładowy przekrój sączka skarpowego.	86
Rys. 5.8 Drenaż nawilgoconej skarpy [8] a) – w płytkim wykopie, b) -w głębokim wykopie.	87
Rys. 5.9 Drenaż zastosowany dla zabezpieczenia skarpy w wykopie [8].	87
Rys. 5.10 Drenaż zastosowany dla zabezpieczenia stateczności korpusu drogi.	88
Rys. 5.11 Wyklinowanie warstwy wodonośnej w podstawie nasypu [8].	88
Rys. 5.12 Wchłanianie wody przez dreny [11].	89
Rys. 5.13 Wyprofilowanie podłoża pod warstwę mrozoodporną.	92
Rys. 5.14 Wyprofilowanie podłoża pod warstwę odsączającą.	93
Rys. 5.15 Pas dzielący z muldą bez drenażu. Spadek obu jezdni wykonany jest od środka ku poboczom przy podłożu o dostatecznej przepuszczalności.	94
Rys. 5.16 Pas dzielący z muldą i drenażem zwykłym przy odśrodkowym spadku jezdni.	94
Rys. 5.17 Pas dzielący bez muldy i z drenażem kombinowanym. Jednokierunkowy spadek obu jezdni z odwodnieniem ściekiem przykrawężnikowym zwykłym z wpustami deszczowymi [11].	94
Rys. 5.18 Pas dzielący bez muldy i z drenażem kombinowanym. Jednokierunkowy spadek obu jezdni z odwodnieniem ściekiem przykrawężnikowym zwykłym ze studniami wpustowymi w zatokach odwodnieniowych w obrębie pasa.	95
Rys. 5.19 Pas dzielący o dużym pochyleniu poprzecznym z drenażem kombinowanym. Jednokierunkowy spadek obu jezdni z odwodnieniem ściekiem przykrawężnikowym zwykłym z wpustami deszczowymi dla jezdni wyżej położonej.	95
Rys. 5.20 Odprowadzenie wody z warstwy odsączającej przy pomocy sączków poprzecznych.	96

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

Rys. 5.21 Szkic sposobu zastosowania geomembrany do uszczelnienia rowu drenującego na zboczu osuwiska dla zabezpieczenia przed osuwaniem się gruntu. ....	99
Rys. 6.1 Przykładowe rozmieszczenie przewodów kanalizacyjnych w obrębie drogi dwujezdniowej. ....	109
Rys. 6.2 Strefy przemarzania gruntu. ....	110
Rys. 6.3 Obciążenie rurociągu gruntem i wodą gruntową. ....	118
Rys. 6.4 Wpływ górniczej deformacji terenu na przewody kanalizacji deszczowej. ....	127
Rys. 7.1 Plan warstwicowy – jezdnia z obustronnymi chodnikami. ....	133
Rys. 7.2 Plan warstwicowy ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym drogi podrzędnej. ....	134
Rys. 7.3 Plan warstwicowy ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym obu dróg dla skrzyżowania trójwylotowego. ....	135
Rys. 7.4 Plan warstwicowy ze zmienionym pochyleniem podłużnym i poprzecznym obu dróg dla skrzyżowania czterowylotowego. ....	135
Rys. 7.5 Spadek ulicy bocznej skierowany od skrzyżowania. ....	136
Rys. 7.6 Spadek ulicy bocznej skierowany do skrzyżowania. ....	137
Rys. 7.7 Przykład planu warstwicowego dla skrzyżowania skanalizowanego. ....	137
Rys. 7.8 Przykładowy plan warstwicowy dla małego ronda. ....	138
Rys. 8.1 Zatoka przystankowa przy drodze zamiejskiej. ....	139
Rys. 8.2 Zatoka przystankowa przy ulicy. ....	139
Rys. 8.3 Krawężnik „wtopiony”. ....	140
Rys. 8.4 Krawężnik „wtopiony” z obniżeniem. ....	140
Rys. 8.5 Krawężnik „na płasko”. 1 – krawężnik Ua-1/20/30/100, 2 – podsypka cem.-piaskowa 1:4, 3 – ława z betonu C 12/15. ....	141
Rys. 8.6 Krawężnik „na płasko” z obniżeniem. 1 – krawężnik Ua-1/20/30/100, 2 – podsypka cem.-piaskowa 1:4, 3 – ława z betonu C 12/15. ....	141
Rys. 9.1 Ogólna klasyfikacja wpływów podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu z uwagi na rodzaje oraz formę ujawniania się deformacji [19] ....	144
Rys. 9.2 Niecka obniżeniowa -schemat rozkładu ciągłych deformacji powierzchni wzdłuż profilu nad eksploatacją dużego pola [19]: ....	145
Rys. 9.3 Deformacja nieciągła - przekrój deformacji leja stożkowego powstałego w obszarach płytkiej eksploatacji górniczej [19] ....	146
Rys. 9.4 Deformacja nieciągła -przekrój przez spękany górotwór i zapadlisko powstałe nad szczeliną [19]. ....	146
Rys. 9.5 Prefabrykowany dren panelowy z tworzywa sztucznego. Przekrój pionowy 1 – wkładka polietylenowa z kanalikami, 2-geotekstyliu. ....	152
Rys. 9.6 Zasada stosowania drenu francuskiego. ....	153
Rys. 9.7 Stabilizacja punktów w obrębie nasypów. ....	154
Rys. 10.1 Charakterystyka poboczy. ....	159
Rys. 11.1 Formularz oceny stanu odwodnienia drogi. ....	166
Fot. 5.1 Przenikanie wody do wnętrza rury drenarskiej. ....	90
Fot. 5.2 Rury drenarskie z widocznymi otworami. ....	90
Fot. 5.3 Zbiornik infiltracyjny. ....	102
Fot. 5.4 Zbiornik retencyjno - filtracyjny. ....	102
Fot. 9.1 Punkty terenowe. ....	155

*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---

Fot. 9.2 Punkty w studniach kanalizacji deszczowej .....	155
Fot. 10.1 Pobocze zawyżone oraz niedrożne rowy uniemożliwiają spływ wody z nawierzchni .....	158
Fot. 10.2 Worki ze śmieciami wyrzucane do rowów utrudniają poprawne odwodnienie rowu .....	158
Fot. 10.3 Brak systematycznego utrzymania stanu poboczy.....	159
Fot. 11.1 Zatrzymanie spływającej z nawierzchni wody przy krawędzi jezdni przez źle wyprofilowane pobocze .....	161
Fot. 11.2 Odcinek z poboczem gruntowym porośniętym trawą, na którym nastąpiło zjawisko „rośnięcia” pobocza .....	162
Fot. 11.3 Wymywanie kruszywa z pobocza.....	163
Fot. 11.4 Brak systematycznego utrzymania rowów i urządzeń odwadniających powoduje poważne zakłócenia w prawidłowym odwodnieniu nawierzchni .....	163
Fot. 11.5 Droga w terenie pagórkowatym z „zamkniętym” przez korpus drogi spływem wody do niższego punktu zlewni po drugiej stronie drogi.....	164
Fot. 11.6 Niedrożny wpust deszczowy .....	165



## **Spis tablic**

Tablica 3.1 Skala Chomicza [11] .....	17
Tablica 3.2 Tabela wartości współczynnika $A$ według [45] .....	18
Tablica 3.3 Klasyfikacja wód podziemnych [21] .....	27
Tablica 3.4 Wartości współczynnika spływu dla $\psi$ różnego rodzaju nawierzchni dróg według [11] .....	28
Tablica 3.5 Wartości współczynnika $k_{st}$ według [11] .....	29
Tablica 3.6 Jednostkowe wartości spływu $q_0$ dla warunków polskich przy spadkach terenu poniżej 3 % według [8][11] .....	30
Tablica 3.7 Wartości minimalnych i maksymalnych spadków drenów według [11] .....	32
Tablica 4.1 Wartości największych spadków podłużnych dla rowów o nie umocnionych skarpach i dnie według [45] .....	34
Tablica 4.2 Wartości największych spadków podłużnych dla rowów o umocnionych skarpach i dnie według [45] .....	35
Tablica 4.3 Zalecane sposoby umocnienia skarp i dna rowu w zależności od prędkości przepływu wody w rowie według [45] .....	66
Tablica 4.4 Rodzaje umocnienia dna muldy według [11] .....	68
Tablica 4.5 Zakres i częstotliwość pomiarów kontrolnych rowów według [23] .....	73
Tablica 4.6 Zalecane badania przy odbiorze wykonanej ławy pod ściek według [24] ...	74
Tablica 4.7 Zalecane badania po ustawieniu krawężnika [24] .....	74
Tablica 4.8 Zalecane badania po wykonaniu ścieku [24] .....	75
Tablica 6.1 Minimalne spadki drogowej kanalizacji deszczowej [45] .....	111
Tablica 6.2 Wartości współczynnika $K_0$ .....	119
Tablica 6.3 Rury stosowane do budowy kanalizacji deszczowej [2],[16], [36], [37], [30], [41], [42], [44] .....	122
Tablica 9.1 Kategorie terenu górniczego [19] .....	148
Tablica 9.2 Zestawienie wartości współczynnika eksploatacyjnego „a” [19] .....	150
Tablica 11.1 Kryteria oceny elementów odwodnienia wg SOPO .....	170



*Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych*

---