INSTALPLAST ŁASK Sp. z o.o.

ul. ŻEROMSKIEGO 66

98-100 ŁASK

Tel.: + 48 43 675 8086

Fax: + 48 43 675 8086 wew. 210

E-mail: poczta@instalplast.pl

www.instalplast.pl

INSTRUKCJA PROJEKTOWANIA, WYKONANIA I ODBIORU INSTALACJI RUROCIĄGOWYCH ZEWNĘTRZNYCH WODOCIĄGOWYCH, KANALIZACYJNYCH I ODWODNIENIOWYCH

listopad, 2015 r.

OPRACOWANIE

Instrukcja projektowania, wykonania i odbioru instalacji rurociągowych zewnętrznych wodociągowych, kanalizacyjnych i odwodnieniowych

AUTORZY

dr inż. Jerzy Przybiński

dr inż. Beata Mokrzycka-Wieteska

listopad, 2015 r.

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie
09

2. Postanowienia ogólne
10

2.1. Przedmiot i cel stosowania instrukcji 10

2.2. Określenie wprowadzonych pojęć 10

2.3. Podstawowe jednostki odniesienia 12

3. Zakres i warunki stosowania instrukcji 12

3.1. Warunki formalne stosowania instrukcji 12

3.2. Zakres terenowy 12

3.3. Zakres przedmiotowy 13

3.4. Warunki hydrologiczne 13

4. Asortyment rurociągów i produkowanych wyrobów 13

4.1. Asortyment rur 14

4.1.1. Wymiarowanie 15
4.1.2. Cechowanie 15

4.2. Asortyment galanterii pomocniczej 16

4.3. Odporność materiałów (surowców i produktów) na substancje chemiczne 19

4.4. Materiały do łączenia rur 24

4.5. Uzbrojenie przewodów 25

5. Złączki, kształtki, połączenia
26

5.1. Charakterystyka materiałowo-techniczna 26

5.2. Rodzaje złączy 28

5.3. Montaż złączy i kształtek 29

5.4. Połączenia z inną armaturą 30

6. Możliwości zastosowania produktów
31

7. Opakowanie 33

8. Transport i przechowywanie
34

9. Podstawowe zasady projektowania
37

9.1. Ogólne zasady projektowania sieci … 38

9.1.1. …dla odprowadzania ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych 38
9.1.2. … dla odprowadzania ścieków deszczowych 39
9.1.3. … dla odprowadzania wód z odwodnieni 39

9.2. Systemy kanalizacji – układy sieciowe 40

9.3. Zasady trasowania sieci 41

9.4. Przekroje poprzeczne kanałów 43

9.5. Obliczenia hydrauliczne kanałów 43

9.6. Prędkości przepływu i spadki kanałów 50

9.7. Projektowanie sieci ogólnospławnej 57

9.8. Projektowanie sieci półrozdzielczej 58

9.9. Uzbrojenie sieci kanalizacyjnych 58

9.10. Zasady wysokościowej lokalizacji sieci w terenie podczas projektowania 61

9.11. Konstrukcje nietypowe na sieciach kanalizacyjnych 62

9.12. Optymalizacja w projektowaniu sieci wodociągowych i kanalizacyjnych 63

9.13. Odwodnienia wgłębne dróg – sposoby obliczeń 64

9.14. Minimalna odległość sieci w przekroju drogi lub ulicy 67

9.15. Zasady projektowania kanalizacji w pasie drogowym 68

10. Wytyczne techniczne dla realizacji systemów

70

10.1. Organizacja robót i prace przygotowawcze 70

10.1.1. Dokumentacja techniczna 71
10.1.2. Plac budowy i jego zagospodarowanie 71
10.1.3. Zatrudnienie 73
10.1.4. Sprzęt podstawowy i specjalistyczny powszechny 73
10.1.5. Pomiary 74

10.2. Roboty ziemne 74

10.2.1. Rodzaje wykopów 77
10.2.2. Minimalne szerokości wykopów 78
10.2.3. Obudowy ścian wykopów i ich rozbiórka 79
10.2.4. Odwadnianie wykopów 80
10.2.5. Zasypywanie rurociągów i zagęszczanie gruntu 81

10.3. Układanie rurociągów (wodociągowych i kanalizacyjnych) 82

10.3.1. Przygotowanie podłoża 83
10.3.2. Kształtowanie łuków 84
10.3.3. Przygotowanie węzłów – montaż uzbrojenia 85
10.3.4. Wykonywanie i montaż złączy 86
10.3.5. Układanie rurociągów i studni kanalizacyjnych – całość instalacji 87
10.3.6. Studzienki kanalizacyjne w pasie drogowym 89

10.3.7. Wykonywanie przyłączy instalacji domowych 90
10.3.8. Przejścia kolizyjne 90
10.3.9. Przepusty pod drogami 92
10.3.10. Ochrona rurociągów przed zamarzaniem 93
10.3.11. Ochrona przed korozją 94
10.3.12. Prace pomocnicze (obetonowywanie) 94
10.3.13. Oznakowanie rurociągów 95

11. Odbiory robót

96

11.1. Ogólne przepisy i postępowanie przy odbiorach 96

11.2. Odbiór sieci wodociągowych – warunki techniczne 97

11.3. Odbiór instalacji kanalizacyjnych – warunki techniczne 98

11.4. Próby szczelności rurociągów i połączeń 99

11.5. Płukanie i dezynfekcja 100

11.6. Próby na deformację 101

11.7. Kamerowanie 102

12. Wytyczne techniczne do wykonania napraw

102

12.1. Możliwe rodzaje uszkodzeń 103

12.2. Technologia robót naprawczych 104

12.2.1. Uszkodzenia miejscowe 104
12.2.2. Uszkodzenia typu ciągłego 104
12.2.3. Usuwanie nieszczelności 104

12.3. Zasady ponownego włączenia do eksploatacji 105

12.4. Rekonstrukcje odcinków sieci w ramach technologii bezwykopowych 105

13. Zasady eksploatacji systemów rurociągowych 106

13.1. Przeglądy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych 107

13.2. Roboty naprawcze i remontowe 108

13.3. Warunki samooczyszczania się kanałów 109

13.4. Rodzaje sprzętu podstawowego do prowadzenia eksploatacji 110

13.5. Czyszczenie sieci i wyposażenia sieciowego 111

13.6. Bezpieczeństwo pracy w trakcie prowadzenia robót eksploatacyjnych 112

14. Możliwości zastosowania produkowanych systemów w innych lokalizacjach i funkcjach 113

15. Aspekty geotechniczne w projektowaniu i realizacji systemów rurociągowych

114

15.1. Znaczenie badań geotechnicznych 114

15.2. Stateczność skarp wykopów 117
15.3. Odwodnienie 117
16. Obliczanie statyczne kanałów i sieci
118
16.1. Obciążenia statyczne gruntem 119
16.2. Obciążenia dynamiczne wywołane ruchem pojazdów 120
16.3. Sztywność obwodowa rurociągów – dobór 121
16.4. Bloki oporowe 124
17. Podstawy prawne, fachowa literatura uzupełniająca, normy, atesty, aprobaty techniczne, certyfikaty UE 128
18. Załączniki 134

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

1. Nomogram do obliczania kanałów kołowych według wzoru Manninga $V = 1/n\ R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$ dla n = 0,010, tj. k = 0,1 mm.

2. Nomogram do obliczania kanałów kołowych z PVC (rurociągów kanalizacyjnych) wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,25 mm i temp. = 10°C.

3. Nomogram do obliczania kanałów kołowych z PVC (rurociągów kanalizacyjnych) wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,40 mm i temp. = 10°C.

4. Nomogram do obliczania kanałów kołowych z PVC (rurociągów kanalizacyjnych) wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,05 mm i temp. = 10°C.

5. Nomogram do obliczania rurociągów ciśnieniowych z PE wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,010 mm (średnice wewnętrzne poniżej 200 mm) i dla k = 0,05 mm (średnice wewnętrzne powyżej 200 mm) i temp. = 10°C.

6. Nomogram do obliczania kanałów kołowych z PP (rurociągów kanalizacyjnych) wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,25 mm i temp. = 10°C.

7. Nomogram do obliczania rurociągów drenarskich z PP wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,25 mm i temp. = 10°C.

8. Nomogram do obliczania rurociągów ciśnieniowych kołowych z PVC wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,10 mm i temp. = 10°C (dla średnic wewnętrznych d_w).

9. Krzywe sprawności przekroju kołowego.

10. Nomogram do doboru średnic drenaży rolniczych, odwadniających, systemowych.

11. Nomogram do określania średnic drenów z PVC karbowanych wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 2,0 mm.

12. Nomogram do wymiarowania poziomów i przykanalików kanalizacji sanitarnej wg wzoru Chezy dla k = 1,0 mm, temp. = 10°C przy napełnieniu 50%.

13. Nomogram do obliczania rurociągów korugowanych (dwuściennych), całkowicie wypełnionych wg wzorów Colebrooka-White'a dla k = 0,40 mm, temp. = 10°C.

SPIS TABEL

Tabela 1 – Ogólna charakterystyka surowców dla produkcji rur z tworzyw sztucznych.

Tabela 2 – Wybrane środki chemiczne i inne ciecze możliwe do transportu rurociągowego lub zrzutu do sieci kanalizacyjnej.

Tabela 3 – Współczynniki szorstkości dla rur z tworzyw sztucznych.

Tabela 4 – Spadki minimalne w kanalizacjach.

Tabela 5 – Dane hydrauliczne dla obliczeń kanałów kołowych o średnicach w przedziale 150 ÷ 500 mm przy założonym spadku 1‰ i/lub przy prędkości V_0 = 1,0 m/s dla częściowych napełnień, wynikających z formuły Manninga n = 0,013, odpowiadającej k = 0,1 mm (dla rur z tworzyw sztucznych).

Tabela 6 – Największe dopuszczalne spadki przewodów kołowych przy prędkości maksymalnej dopuszczalnej – eksploatacyjnie bezpiecznej dla tworzyw sztucznych, wynoszącej V = 5 m/s.

Tabela 7 – Wartości minimalne i maksymalne spadków podłużnych drenów odwadniających drogi.

Tabela 8 – Jednostkowe wartości spływu q_0 dla warunków polskich przy spadkach terenu mniejszych niż 3%.

Tabela 9 – Odległości minimalne sieci kanalizacyjnych i innych urządzeń kanalizacyjnych w zależności od rodzaju drogi.

Tabela 10 – Minimalne średnice przepustów.

Tabela 11 – Minimalne szerokości wykopów.

Tabela 12 – Szerokość wykopu w zależności od głębokości.

Tabela 13 – Średnice rur osłonowych dla sieci wodociągowych.

Tabela 14 – Wytyczne dla realizacji badań geologicznych.

Tabela 15 – Klasyfikacja materiału gruntowego.

Tabela 16 – Maksymalne wielkości cząstek gruntu.

Tabela 17 – Współczynniki zagęszczania gruntu.

Tabela 18 – Minimalna zalecana sztywność obwodowa rur do układania na terenach bez obciążeń ruchem drogowym.

Tabela 19 – Zalecana minimalna sztywność obwodowa rur kanalizacyjnych do układania w pasie drogowym.

SPIS RYSUNKÓW

1. Usytuowanie rurociągu w wykopie i rodzaje materiałów gruntowych do zabudowy.
2. Rodzaje podłoża dla rur sieci kanalizacyjnych.
3. Otuliny rury z PVC: a) betonowe, b) z dozbrojeniem.
4. Pomiar ugięcia rury.
5. Przykładowe rozwiązania bloków oporowych: a) korka na końcówce przewodu, b) kolana lub łuku.
6. Przykładowe rozwiązania bloków podporowych dla: a) zasuwy żeliwnej kielichowej z króćcami przejściowymi na rury PVC-U, b) trójnika żeliwnego z króćcami przejściowymi na PVC-U

1. WPROWADZENIE

Firma InstalPlast Łask z siedzibą w Łasku (kod: 98-100) przy ul. Żeromskiego 66 jest jednym z czołowych producentów systemów rurowych z tworzyw sztucznych w Polsce. Przedsiębiorstwo zostało utworzone w 1991 r. jako firma prywatna, funkcjonująca wyłącznie na bazie polskiego kapitału. W początkowym okresie istnienia firma produkowała jedynie popularne wówczas rury do wody z białego polietylenu LDPE. Obecnie firma oferuje bardzo szeroki asortyment wyrobów niezbędnych do budowy systemów rurociągowych ciśnieniowych (woda, ścieki), kanalizacyjnych, odwodnieniowych oraz stanowiących osłonę (obudowę). Firma oferuje najwyższej jakości produkty w cenach odzwierciedlających ich realną wartość finalną. Pozwala to (jakość, cena, wygląd, szybkość dostawy, szeroki asortyment) skutecznie konkurować z największymi podmiotami gospodarczymi (producentami) tej branży na rynku polskim i coraz częściej na wymagającym rynku europejskim. Do wytwarzania wyrobów firma InstalPlast Łask używa najlepszych dostępnych na rynku surowców i komponentów. Procesy produkcyjne są realizowane na najnowocześniejszych urządzeniach, będących światową wizytówką dla tej branży producenckiej, takich jak: BATTENFELD, ENGEL, SICA, IPM, dzięki czemu wyroby finalne charakteryzują się stabilną i doskonałą jakością. Od 2001 roku zakład posiada wdrożony i utrzymywany System Zarządzania Jakością ISO 9001 – aktualny, co skutecznie pozwala na spełnianie starań technologiczno-technicznych w odniesieniu do realizacji wysokiej jakości.

Zasadniczą produkcją firmy InstalPlast są rury i kształtki ciśnieniowe z nieplastyfikowanego polichlorku winylu (PVC), polietylenu (PE) i polipropylenu (PP), które uzyskały duże uznanie ze strony inwestorów, zarówno w inwestycjach komunalnych, jak i przemysłowych, a także w rolnictwie. W związku z powyższym rury produkowane przez firmę InstalPlast, a właściwie systemy, mają szerokie zastosowanie w budowie instalacji wodociągowych, a przede wszystkim sieci wodociągowych miejskich i wiejskich. Ponadto rurociągi z PVC, PP i PE mają zastosowanie do przesyłania większości płynnych środków spożywczych oraz do transportu płynnych substancji chemicznych, a także do hydrotransportu ciśnieniowego wszelkiego rodzaju materiałów stałych. Produkcja rurociągów kanalizacyjnych z PVC umożliwia budowę szczelnych systemów kanalizacji zewnętrznej, a także wszelkiego rodzaju systemów odwodnień, zarówno typu stałego (ciągła funkcja), jak i interwencyjnego, który dokonuje ewakuacji wody wraz z innego rodzaju zanieczyszczeniami zawartymi w cieczy (np. z węglowodorami ropopochodnymi). Szczelne kanalizacje zewnętrzne oraz szczelne systemy odwodnieniowe pozwalają na ochronę środowiska gruntowego przed infiltracją do niego ścieków, jak też eliminują dopływ do ścieków wód gruntowych (przy ich wysokim stanie), obniżając nieraz w poważnym stopniu koszty budowy i eksploatacji oczyszczalni.

Zaletą rurociągów i kształtek związanych z systemami rurowymi, produkowanymi przez InstalPlast jest:

- duża trwałość rur, określona dla wody i ścieków bytowo-gospodarczych na przedział wiekowy minimum 60 ÷ 100 lat,
- odporność na korozję, zarówno wewnętrzną, jak i zewnętrzną, w tym odporność na działanie prądów błądzących,
- lekkość tworzywa ułatwiająca montaż przewodów, w wielu przypadkach bez konieczności użycia sprzętu dźwigowego, co poważnie obniża koszty budowy,
- duża odporność chemiczna na działanie substancji chemicznych przepływających przez rury, jak i znajdujących się w otoczeniu, stąd szerokie zastosowanie w instalacjach chemicznych wszelkiego typu (przesyłowych, zlokalizowanych w chemicznym środowisku),
- nietoksyczność i brak wpływu materiału rur na zmianę właściwości wody, ścieków lub innych substancji przepływających systemem rurociągów,
- trudniejsza przemarzalność rur,
- zdolność tłumienia drgań w stopniu znaczącym,
- niższa cena w stosunku do tradycyjnych systemów rurowych z odniesieniem do trwałości, cech fizycznych i chemicznych oraz lekkości.

2. POSTANOWIENIA OGÓLNE

2.1. Przedmiot i cel stosowania instrukcji

Przedmiotem niniejszej instrukcji są zasady projektowania rurociągów dla transportu ciśnieniowego wody, grawitacyjnego i ciśnieniowego ścieków oraz wód przypadkowych, pochodzących z odwodnień. Rurociągi, których dotyczy instrukcja, to przewody z tworzyw sztucznych, produkowane przez firmę InstalPlast Łask.

Celem stosowania instrukcji jest odpowiedni dobór systemów rurowych dla danego medium, wielkości przepływów, zachowania zasad hydraulicznych i spełnienia wszelkich wytycznych projektowania i realizacji ogólnie pojętych sieci.

2.2. Określenie wprowadzonych pojęć

Podstawą prawną w nazewnictwie projektowania i budowy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych oraz odwodnieniowych są stosowne normy wymienione w rozdziale 17.

niniejszej instrukcji, jak i zwyczajowe nazwy stosowane w branży wod.-kan. i sąsiadujących oraz nazewnictwo handlowe, będące w stanie jednoznacznie określić dany materiał, wyrób, armaturę czy detal. Podstawowe nazwy występujące w branży wod.-kan. i jednocześnie powiązane z firmą InstalPlast Łask to:

- **przewód wodociągowy** – rurociąg wraz z urządzeniami przeznaczony do dostarczania wody odbiorcom,
- **przewód wodociągowy magistralny, magistrala wodociągowa** – przewód wodociągowy główny (niekoniecznie pojedynczy) o relatywnie dużej średnicy (relatywność w zależności od wielkości Stacji Wodociągowej SW), doprowadzający wodę od SW do przewodów rozdzielczych,
- **przewód wodociągowy rozdzielczy** – przewód wodociągowy doprowadzający wodę od przewodu magistralnego do przyłączy domowych i/lub innych punktów czerpalnych,
- **przyłącze domowe** – przewód wodociągowy z wodomierzem łączący sieć wodociągową z wewnętrzną instalacją obiektu zasilanego wodą,
- **średnica rur** – oznaczenia produkcyjne i handlowe odnoszące się do wymiarów zewnętrznych średnic i grubości ścianek w mm lub wymiarów nominalnych obejmujących średnicę wewnętrzną,
- **złącza** – rodzaje połączeń powodujących zespolenie (nie zawsze na stałe – połączenie może być demontowane) dwóch odcinków rurociągów, rurociągów z armaturą bądź kształtkami,
- **kleje** – substancje chemiczne na bazie polichlorku winylu i silnych rozpuszczalników, służące do łączenia elementów, jak złącza (forma stała) oraz usuwania nieszczelności,
- **przewód kanalizacyjny** – rurociąg wraz z urządzeniami i oprzyrządowaniem przeznaczony do odprowadzania ścieków z gospodarstw domowych, zakładów przemysłowych i ciągów pieszo-
  -jezdnych oraz dachów, placów itp.,
- **przewód kanalizacyjny magistralny (kolektor)** – przewód kanalizacyjny główny (niekoniecznie pojedynczy) o relatywnie dużej średnicy, doprowadzający ścieki do kolektora głównego i dalej do oczyszczalni ścieków,
- **przyłącze kanalizacyjne** – przewód kanalizacyjny odprowadzający wszelkie rodzaje ścieków do rurociągów kanalizacyjnych i/lub do rurociągów magistralnych, bądź kolektora (zależnie od lokalizacji),
- **bloki oporowe i podporowe** – bloki (konstrukcje) betonowe lub żelbetowe (czasem ceglane) do przenoszenia na grunt sił osiowych występujących w rurociągach

ciśnieniowych lub dla przenoszenia parcia armatury, kształtek o dużej masie lub innych elementów o znaczącym ciężarze, mogącym mieć wpływ na osiowość rurociągu,

- **uzbrojenie (armatura)** – urządzenia wbudowane w instalację dla umożliwienia sterowania pracą (uzbrojenie regulacyjne), dokonania pomiarów (uzbrojenie pomiarowe), poboru (uzbrojenie czerpalne) i zatrzymywania przepływu (uzbrojenie odcinające).

2.3. Podstawowe jednostki odniesienia

Podstawową jednostką odniesienia, przy projektowaniu sieci wodociągowych i kanalizacyjnych, jest 1 m (metr). Określona liczba metrów przewodów obejmuje również wszystkie kształtki oraz armaturę, bądź urządzenia wbudowane w ciągi przewodów. Długości przewodów są mierzone po ich osi. Wszelkiego rodzaju wymiary związane z grubością ścianek, kształtem detali, promieniem krzywizny itp. elementami są podawane w milimetrach, gdzie 1 mm stanowi 0,001 metra.

3. ZAKRES I WARUNKI STOSOWANIA INSTRUKCJI

Każda instrukcja, w tym i przedmiotowa, stanowi wycinek wiedzy związany z produkcją, budową, projektowaniem, realizacją i eksploatacją danego asortymentu produkcji i nie może być w całości traktowana jako materiał dla realizacji innych systemów niż te, dla których została przygotowana.

3.1. Warunki formalne stosowania instrukcji

Niniejsza instrukcja stanowi materiał pomocniczy do projektowania, budowy i eksploatacji wodociągów, sieci kanalizacyjnych oraz odwodnień drogowych i terenowych (melioracyjnych), zrealizowanych z wyrobów firmy InstalPlast Łask, stanowiących dominujący asortyment danego systemu.

3.2. Zakres terenowy

Instrukcja projektowania przewodów systemów wodociągowych, kanalizacyjnych i odwodnieniowych z wyrobów firmy InstalPlast Łask obejmuje zasięgiem obszar całej Polski, niezależnie od inwestora, rodzaju jednostki osadniczej, kategorii drogi czy zakładu przemysłowego, bądź rodzaju ziemi rolnej. Wyłączone są tereny górskie, gdzie występują spadki powyżej 50% oraz

tereny szkód górniczych, o ile nie zostały zastosowane rury o połączeniach elastycznych, bądź elastyczne same w sobie, ze względu na rodzaj materiału. Przedmiotowa instrukcja może być wykorzystywana na terenie krajów Unii Europejskiej oraz poza nią, pod warunkiem uwzględnienia szczegółowych przepisów danego kraju, co do zasad projektowania sieci, realizacji systemów, odbiorów oraz warunków eksploatacji.

3.3. Zakres przedmiotowy

Postanowienia instrukcji dotyczą przewodów wodociągowych przeznaczonych do przesyłania wody do picia oraz innych mediów, które bezpiecznie, pod względem spełnienia parametrów fizycznych i chemicznych, mogą być przesyłane – wszystko przy maksymalnym ciśnieniu roboczym 1 MPa (10 atm) w temperaturze 20^0C. Instrukcja dotyczy także przewodów kanalizacji wewnętrznej i zewnętrznej, studni kanalizacyjnych oraz systemów drenarskich. Wszystkie wymienione wyżej rodzaje rurociągów, jak i elementy sieci kanalizacyjnej i drenarskiej są produktami InstalPlast Łask.

3.4. Warunki hydrologiczne

Przewody z rur PVC, PE i PEHD mają zastosowanie we wszystkich warunkach gruntowych w odniesieniu do właściwości fizyczno-chemicznych. W przypadku gruntów o niskiej nośności i dużej plastyczności (spowodowanej nawodnieniem) może być dla ułożenia sieci wymagane specjalne przygotowanie podłoża. Ułożenie rurociągów, szczególnie o sztywnych profilach, nie wymaga całkowitego odwodnienia wykopu, istnieje bowiem możliwość montażu złącz na powierzchni terenu przed ich ułożeniem na dnie wykopu i systematycznym posadowieniu odcinków lub wykonywania tych czynności w wykopie ponad ustabilizowanym lustrem wód gruntowych. Ułożenie rurociągów może być realizowane również w wykopie przy niewielkim nawodnieniu, gdzie podtapianie rurociągu nie występuje ponad jego średnicę.

4. ASORTYMENT RUROCIĄGÓW I PRODUKOWANYCH WYROBÓW

Profil produkcyjny zakładu InstalPlast Łask jest tak pomyślany, aby wykorzystując asortyment rur i innych wyrobów realizowanych przez firmę, można było wybudować prosty system wodociągowy i/lub kanalizacyjny, funkcjonujący zgodnie z celem, który został określony w ramach szczegółowej dokumentacji technicznej.

4.1. Asortyment rur

Profil produkcyjny firmy InstalPlast Łask, w odniesieniu do rurociągów, obejmuje:

- rury wodociągowe i kanalizacyjne ciśnieniowe z polietylenu, przeznaczone do budowy sieci typu (klasy): 80, 100, 100RC, funkcjonujące w zakresie 0,6 ÷ 1,6 MPa, a mogące wytrzymać ciśnienia chwilowe (do 2 godzin) w przedziale 1,25 ÷ 1,60 MPa. Oznaczenie rur: PE 80, PE 100, PE 100RC:
  - średnice rur (w mm) DN 16 ÷ DN 400 (w asortymencie 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 400),
  - długość pojedynczej rury: 12000 mm (sztangi), średnice DN 110 i poniżej w przedziale 100000 ÷ 400000 mm (kręgi).

- rury wodociągowe ciśnieniowe z niezmiękczonego polichlorku winylu (PVC-U) dla ciśnień nominalnych PN 6, PN 8, PN 10 i PN 12,5:
  - średnice rur (w mm) DN 90 ÷ DN 500 (w asortymencie 90, 110, 160, 225, 315, 400, 500),
  - długość pojedynczej rury (w mm) w przedziale 1000 ÷ 6000 mm,

- rury kanalizacyjne przeznaczone dla kanalizacji wewnętrznej sanitarnej i deszczowej, wykonane z polipropylenu (PP):
  - średnice rur (w mm) DN 32 ÷ DN 110 (w asortymencie 32, 50, 75, 110),
  - długość pojedynczej rury (w mm) w przedziale 250 ÷ 3000 mm (w asortymencie 250, 315, 500, 1000, 2000, 3000),

- rury kanalizacyjne przeznaczone dla kanalizacji grawitacyjnej, wykonane z polipropylenu (PP) o ściance strukturalnej InCor® w klasach sztywności obwodowej SN4, SN 8 i SN 12:
  - średnice rur (w mm) DN/ID 160 ÷ DN 1000 (w asortymencie 160, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000),
  - długość pojedynczej rury (w mm) w odcinkach 3000 i 6000 mm,

- rury kanalizacyjne przeznaczone dla kanalizacji zewnętrznej sanitarnej i deszczowej, wykonane z niezmiękczonego polichlorku winylu (PVC-U) w klasach sztywności obwodowej SN 2, SN 4 i SN 8 z rdzeniem spienionym lub ze ścianką jednorodną:

- średnice rur (w mm) DN 110 ÷ DN 400 (w asortymencie 110, 160, 200, 250, 315, 400),
- długość pojedynczej rury (w mm) w przedziale 500 ÷ 6000 mm (w asortymencie 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000),

➢ rury drenarskie z polietylenu (PE) wersja twarda (HD), oznaczane jako PEHD lub HDPE, zbudowane z jednościennej warstwy z perforowanymi otworami na obwodzie rury, na całej jej długości lub występująca w otulinie PP:

- średnice rur (w mm) DN 50 ÷ DN 110 (w asortymencie 50, 80, 110),
- długość – w zwojach 50 m.

4.1.1. Wymiarowanie

Wszystkie rury z tworzyw sztucznych, tj. PE, PVC i PP produkowane przez InstalPlast Łask są wymiarowane w milimetrach (mm) w odniesieniu do średnic, grubości ścianki, długości (podczas podawania wszystkich wymiarów należy zachować taką kolejność). Powyższe wymiarowanie jest przyjęte przez wszystkich producentów rur i kształtek na całym świecie. Jakkolwiek w celach handlowych odcinki rur są podawane w metrach (np. od 0,10 do 12, co oznacza odcinek o długości od 100 mm = 10 cm do 12 m = 1200 cm).

4.1.2. Cechowanie

Cechowanie wytłoczone jest bezpośrednio na elemencie w sposób trwały i wyraźny, dodatkowo umieszczone jest na etykiecie w taki sposób, aby czytelność była zachowana podczas całego okresu przechowywania, transportu oraz podczas eksploatacji. Cechowanie nie powoduje pęknięć lub innych defektów powierzchni, które niekorzystnie wpływałyby na właściwości rur i kształtek. Cechowanie polegające na wytłoczeniu może powodować redukcję grubości ścianki nie większą niż 0,25 mm i nie narusza to wymagań dotyczących minimalnej grubości ścianek, określonych normowo. Cechowanie jest czytelne „gołym" okiem. Rury cechowane są w odległościach nie większych niż 2,0 m, lecz co najmniej raz na każdym fabrycznym odcinku rury lub na każdym elemencie wtryskowym kształtki.

Minimalne wymagania dotyczące cechowania wyglądają następująco:

➢ oznaczenie producenta – InstalPlast Łask,
➢ nazwa wyrobu i/lub znak towarowy –
➢ rodzaj materiału –

- średnica nominalna –
- seria wymiarowa –
- kąt łuku (w przypadku kształtek) –
- sztywność obwodowa –
- obszar stosowania –
- numer dokumentu odniesienia –
- rok i miesiąc produkcji i/lub numer partii –

4.2. Asortyment galanterii pomocniczej

Dla sformatowania systemów wodociągowych, kanalizacyjnych oraz odwodnieniowych, oprócz rurociągów, niezbędne są elementy połączeniowe, zwiększające funkcyjność i funkcjonalność systemu oraz pozwalające na kontrolę stanu technicznego i stanu zanieczyszczenia. Elementy te są produkowane przez InstalPlast Łask i można je sklasyfikować w następujący sposób:

- elementy i kształtki niezbędne dla sformatowania systemów ciśnieniowych to kształtki ciśnieniowe z PVC-U, takie jak:
  - łuki jednokielichowe o średnicach DN 90 ÷ DN 500 w asortymencie średnic (90, 110, 160, 225, 315, 400, 500) o kątach 11^0, 22^0, 30^0, 45^0, 60^0 i 90^0,
  - nasuwki w średnicach i asortymencie jw.,
  - dwukielichy w średnicach i asortymencie jw.,
  - tuleje kołnierzowe typu FNP i typu ENP z uszczelką,
  - trójniki typu AWP i ANP-Z oraz ANP-3K z uszczelkami,

- elementy i kształtki dla sformatowania systemu kanalizacji wewnętrznej z PP takie jak:
  - kolana o średnicach rury (w mm) 32, 50, 75, 110 i kątach $15^0 \div 90^0$ w asortymencie (15^0, 22^0, 30^0, 45^0, 67^0 i 90^0),
  - trójniki ukośne i prostopadłe o średnicach rury głównego przelotu (w mm) 32, 50, 75, 110, a bocznego przelotu 32, 50, 75, 110 i kątach (dotyczy trójników ukośnych) 45^0 i 67^0, 90^o.
  - złączki nasuwne i dwukielichowe o średnicach 50, 75 i 11 mm,
  - czwórniki jednopłaszczyznowe z głównym przelotem 110 mm i bocznym 50 × 50 mm i 110 × 110 mm,

- czyszczaki dla rurociągów pionowych o średnicach 50, 75 i 110 mm,
- redukcje kanalizacyjne jedno- lub dwudimensyjne w średnicach podstawowych 50, 75, 110, 160 mm i średnicach redukowanych 32, 40, 50, 75, 110 mm,
- korki kanalizacyjne o średnicach 50, 75, 110 mm,
- wywietrzniki kanalizacyjne o średnicach 50, 75, 110 i 160 mm,
- napowietrzacze o średnicach 50, 75, 110 i 160 mm,
- obejmy do rurociągów z kołkiem (średnice dla rur 32, 50, 75, 110 i 160 mm),

➢ elementy i kształtki dla sformatowania systemu kanalizacji zewnętrznej z PVC-U, takie jak:

- mufy nasuwne i z ogranicznikiem o średnicach (dla rurociągów) 110, 160, 200, 250, 315, 400, 500 mm,
- rewizje o średnicach jw.,
- redukcje jednodimensyjne o średnicach podstawowych (dużych) 160, 200, 250, 315, 400, 500 ze zmniejszeniem o jedną dimensję,
- zasuwy burzowe o średnicach 110, 160, 200 mm,
- kolana i łuki o średnicach 110, 160, 200, 250, 315, 400 i 500 mm i kątach zmiany strugi przepływu 15^0, 30^0, 45^0, 67^0, 90^0,
- trójniki skośne (45^0) i prostopadłe (90^0) o średnicach rurociągu głównego 110, 160, 200, 250, 315, 400 i 500 mm i średnicy rurociągu dochodzącego jw.,
- mufy szczelne L 110 i L 240 (110 i 240 to długość elementu) o średnicach jw.,
- zaślepki i korki o średnicach jw.,
- połączenia przejściowe dla różnych materiałów – kamionka (kielich) i PVC (bosy koniec) o średnicach 110, 160, 200 i 250 mm oraz odwrotnie kamionka (bosy koniec) i PVC (kielich) o średnicach110, 160 i 200 mm oraz połączenia żeliwo (bosy koniec) – PVC (kielich) o średnicach 110, 160 i 200 mm,
- wkładki INSITU o średnicach 110, 160 i 200 mm,

➢ elementy i kształtki dla sformatowania systemu kanalizacji zewnętrznej z polipropylenu o ściance strukturalnej InCor®, takie jak:

- złączki dwukielichowe i nasuwki o średnicach 160, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800 i 1000 mm,
- złączki redukcyjne o średnicach 200, 250, 300, 400, 500 i 600 mm zmniejszające przekrój o jedną średnicę, tj. 160, 200, 250, 300, 400 i 500 mm,
- złączki do rur PVC do kielicha oraz gładkiej lub kielicha PP o średnicach 160, 200, 250, 315, 400 mm,
- zaślepki i korki o średnicach 160, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800 i 1000 mm,
- przejścia szczelne do betonowych i żelbetowych przegród budowlanych o średnicach (DN) jw.,
- wkładki INSITU wykonane z elastomerów o średnicach (DN) 110, 160, 200, 250 i 315 mm,
- kolana dwu- i trzysegmentowe o średnicach 160, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800 i 1000 mm i kątach zmiany przepływu 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0,
- trójniki redukcyjne ukośne i prostokątne oraz trójniki równoprzelotowe o średnicach jw. (redukcja średnicy dla dolotu 160, 200, 250, 315 w zależności od średnicy na przelocie),

➢ elementy i kształtki dla sformatowania systemu drenarskiego z PEHD oraz systemu z otuliną PP:

- trójniki równoprzelotowe o średnicach 50/50, 80/80 i 110/110 mm oraz trójniki redukcyjne (90^0) o średnicach 80/50, 110/50 i 110/80,
- mufy łączeniowe o średnicach 50,80 i 110 mm,
- mufy łączeniowe redukcyjne o średnicach 80/50, 110/50 i 110/80 mm,
- dekle/pokrywy o średnicy 315 mm,
- teleskopy 315 z włazami żeliwnymi na nośność 1,5 t, 12,5 t oraz 40 ton,
- studnie drenarskie H = 1,5 m z osadnikami: przelotowe 110/110 mm, jednodolotowe 110/110/110 mm i dwudolotowe 110/110/110/110 mm,

➢ studnie kanalizacyjne dla systemów kanalizacji zewnętrznej z PP lub PVC (rury przelotowe gładkościenne i korugowane - InCor®):

- studnie DN 315 kompletne z kinetami przelotowymi 160 i 200 mm oraz kinetą zbiorczą, rurami trzonowymi i teleskopami,
- studnie DN/ID 400 z kinetami przelotowymi od 160 do 400 mm oraz kinetami zbiorczymi o różnych średnicach kinet dolotowych (od 160 mm do 400 mm w asortymencie 160, 200, 250, 300, 315, 400),
- studnie DN 400 z wyposażeniem jw. posiadające rurę trzonową DN/OD 400 gładkościenną o sztywności obwodowej SN 2 w odcinkach 3000 mm i 6000 mm,
- połączenia elementów pionowych stanowiących uszczelnienie i dających sztywność konstrukcji, takich jak: adapter teleskopu czy manszety teleskopowe (obydwa elementy z przejściem DN 400/315),
- pokrywy i zwieńczenia oraz stożki i włazy żeliwne do studni w/w oraz systemów drenarskich.

Jak widać z powyższych wyliczeń zaprezentowanych w punktach 4.1. i 4.2. asortyment wyrobów (rurociągów kształtek połączeń, elementów zabezpieczających, uszczelniających oraz studni) w odniesieniu do średnic, kątów czy przekrojów płaszczyznowych lub przestrzennych stanowi ponad tysiąc różnego rodzaju detali produkowanych przez InstalPlast Łask, niezbędnych dla stworzenia systemów wodociągowych i/lub kanalizacyjnych.

4.3. Odporność materiałów (surowców i produktów) na substancje chemiczne

Systemy rurociągowe z PVC (polichlorek winylu nieplastyfikowany – niezmiękczony), PE (polietylen) i PP (polipropylen) odznaczają się wysoką odpornością na chemiczne oddziaływanie ścieków bytowo-gospodarczych, niektórych przemysłowych, a tym samym, po wymieszaniu, miejskich oraz opadowych. Jakość odprowadzanych ścieków do kanalizacji miejskiej, gminnej lub do odbiornika (wody powierzchniowe) odpowiadająca dopuszczalnym wartościom wskaźników zanieczyszczeń w ściekach wprowadzanych do sieci kanalizacyjnych lub do wód powierzchniowych, bądź do ziemi nie stanowi zagrożenia dla rurociągów zbudowanych z w/w materiałów. Dla kanalizacji przemysłowych rury i kształtki są przystosowane do przesyłania w zasadzie ścieków o wartości odczynu w zakresie 2 ÷ 12 pH. Dlatego też należy brać pod uwagę określone stężenie i temperaturę przesyłanego medium. W tabeli 2 zaprezentowano „listę odporności chemicznej" rurociągów wykonanych z PVC-U, PE i PP dla wybranych substancji chemicznych w określonym stężeniu i temperaturze 20^0C oraz 60^0C (jako możliwej do

ewentualnego uzyskania w procesie produkcyjnym – podczas przesyłu lub zrzutu danego medium). Oznaczenia klasyfikacyjne przyjęto jako:

„+" – odporny,

„0" – warunkowo odporny, powodujący drobne spęcznienia i możliwie skrócony czas użytkowania instalacji,

„–" – niezalecany, nieodporny.

Powyższe oznaczenia dotyczą również zastosowanych klejów standardowo używanych do PVC-U, połączeń zgrzewanych dla PE i PP oraz uszczelek elastomerowych. W tabeli 1 ogólnie zaprezentowano wpływ środków chemicznych i zakres temperaturowy.

Tabela 1

Materiał	**Oznaczenie**	**Opis**	**Temperatura maksymalna**	
			stała	chwilowa
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Polichlorek winylu	PVC	Odporny na większość roztworów, kwasów, związków alkalicznych i soli oraz związków organicznych zmieszanych z wodą. Nieodporny na węglowodory aromatyczne i chlorowane.	60	60
Polietylen (dużej i średniej gęstości)	PE	Odporny na uwodnione roztwory kwasów, zasad i soli, jak również na wiele rozpuszczalników organicznych. Nie nadaje się do skoncentrowanych utleniających kwasów.	60	80
Polipropylen stabilizowany	PP	Odporność chemiczna podobna jak w przypadku PE z możliwością przyjmowania mediów o wyższych temperaturach.	90	110
Polibutylen*	PB	Podobnie jak PE z nieco wyższymi temperaturami dopuszczalnymi.	90	100

* jako ewentualny przyszłościowy materiał do produkcji systemów rurociągowych.

Wybrane środki chemiczne i inne ciecze możliwe do transportu rurociągowego lub zrzutu do sieci kanalizacyjnej

Tabela 2

L.p.	Nazwa substancji chemicznej	Stężenie	Temperatura wrzenia [^{0}C]	Temperatura medium w sieci [^{0}C]	Materiał		
					PVC-U	PE	PP
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
1	Aceton	czysty technicznie	56	20	-	+	+
				60	-	+	+
2	Aldehyd octowy	czysty technicznie	21	20	-	+	0
				60	-	0	-
		40% roztwór		20	0	+	+
				60	-	0	+
3	Acetic acid – kwas octowy	50%		20	+	+	+
				60	0	+	+
		98%	118	20	-	+	+
				60	-	0	0
4	Alkohole – napoje alkoholowe – spirytusowe	40%		20	+	+	+
				60	+	+	+
5	Chlorek glinu	nasycony	115	20	+	+	+
				60	+	+	+
6	Siarczan glinu	nasycony		20	+	+	+
				60	+	+	+
7	Amoniak	gaz	– 33	20	+	+	+
				60	+	+	+
8	Sole amonowe	roztwory wodne		20	+	+	+
				60	0	+	+
9	Mrówczan amonu	roztwór wodny		20	-	-	-
				60	-	-	-
10	Anilina	czysta technicznie	182	20	-	0	0
				60	-	-	-
		roztwór wodny 10%		20	+	+	+
				60	0	0	0
11	Związki boru	roztwory wodne nasycone		20	+	+	+
				60	0	+	+
12	Piwo	komercyjne		20	+	+	+
				60	+	+	+
13	Oleje napędowe - benzyna	komercyjne	80	20	+	+	0
				60	+	0	-
14	Kwas borowy	roztwór wodny		20	+	+	+
				60	0	+	+
15	Solanki zawierające chlorki i/lub chlor	roztwory wodne komercyjne		20	+	+	0
				60	+	0	-
	Kwas masłowy	czysty technicznie	163	20	+	+	+

L.p.	Nazwa substancji chemicznej	Stężenie	ra wrzenia [^{0}C]	w sieci [^{0}C]	Materiał		
					PVC-U	PE	PP
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
16				60	-	0	-
17	Związki kadmu	roztwory wodne nawet nasycone		20	+	+	+
				60	+	+	+
18	Związki wapnia	roztwory wodne nawet nasycone		20	+	+	+
				60	+	+	+
19	Dwutlenek węgla i kwas węglowy	czysty technicznie		20	+	+	+
				60	+	+	+
20	Soda kaustyczna	roztwór wodny 50%		20	+	+	+
				60	-	+	+
21	Kwas chlorowy	roztwór wodny do 20%		20	+	0	-
				60	0	-	-
22	Chlor	roztwór nasycony		20	-	-	-
				60	-	-	-
23	Chlorobenzen	czysty technicznie	132	20	-	0	+
				60	-	-	0
24	Kwas chromowy	roztwór 5%		20	+	-	-
				60	0	-	-
25	Sole chromu	roztwory nasycone		20	+	-	-
				60	+	-	-
26	Sole miedzi	wodne roztwory nawet nasycone		20	+	+	+
				60	0	+	+
27	Detergenty jako wodne roztwory	nasycone		20	+	+	+
				60	0	+	+
28	Glikol, kwas glikolowy	30% roztwór wodny		20	+	+	+
				60	0	+	+
29	Kwasy tłuszczowe	czyste technicznie		20	+	+	+
				60	+	0	+
30	Nawozy: azotowe, potasowe, mieszane	roztwory wodne		20	+	+	+
				60	0	+	+
31	Formaldehyd	roztwór wodny 40%		20	+	+	+
				60	0	+	0
32	Kwas mrówkowy	roztwór do 50%		20	+	+	+
				60	0	+	0
		roztwór do 25%		20	+	+	+
				60	+	+	+
33	Glukoza, cukry	wszelkie roztwory		20	+	+	+
				60	0	+	+
34	Gliceryna	czysta technicznie	290	20	+	+	+
				60	+	+	+
35	Kwas solny	roztwór do 10%		20	+	+	+
				60	+	+	0
		roztwór do 38%		20	+	+	+
				60	0	+	-
	Nadtlenek wodoru	roztwór do 10%		20	+	+	+

L.p.	Nazwa substancji chemicznej	Stężenie	ra wrzenia [^{0}C]	w sieci [^{0}C]	Materiał		
					PVC-U	PE	PP
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
36				60	0	+	+
		roztwór 30%		20	+	+	+
				60	-	-	-
37	Siarkowodór	roztwór wodny nasycony		20	+	+	+
				60	0	+	+
38	Związki żelaza (chlorki, siarczany, inne sole)	roztwory nasycone		20	+	+	+
				60	+	+	+
39	Lanolina	czysta technicznie		20	+	+	+
				60	-	+	+
40	Sole magnezu	wszelkie roztwory		20	+	+	+
				60	0	+	+
41	Sole rtęci	roztwory nasycone		20	+	+	+
				60	0	+	+
42	Metan (gaz)	czysty technicznie	–161	20	+	+	+
				60	-	-	-
43	Mleko			20	+	+	+
				60	+	+	+
44	Kwas azotowy	do 40%		20	+	0	0
				60	0	-	-
		do 10%		20	+	+	+
				60	+	+	0
45	Kwas nadchlorowy	do 10% roztwór suchy		20	+	+	+
				60	0	+	+
46	Fenol	Roztwór wodny do 10%	182	20	+	+	+
				60	-	0	+
47	Kwas ortofosforowy	Roztwór wodny do 30%		20	+	+	+
				60	0	+	+
48	Wywoływacz i utrwalacz fotograficzny	komercyjny		20	+	+	+
				60	0	0	-
49	Zasada potasowa	50%		20	+	+	+
				60	+	+	+
50	Sole potasu (siarczany, chromian, bromian, węglan, chloran, chlorek, cyjanek itd.)	roztwory do nasyconych		20	+	+	+
				60	+	+	+
51	Roztwory mydła	nasycone		20	+	+	+
				60	+	+	+
52	Wodorowęglan sodu i inne sole sodowe	nasycone wodne		20	+	+	+
				60	0	+	+
53	Skrobia	nasycone roztwory wodne		20	+	+	+
				60	+	+	+
54	Kwas siarkowy	do 40%	120	20	+	+	+
				60	0	+	+
		98%	340	20	+	-	-
				60	-	-	-

L.p.	Nazwa substancji chemicznej	Stężenie	ra wrzenia [^{0}C]	w sieci [^{0}C]	Materiał		
					PVC-U	PE	PP
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
55	Środki garbujące	komercyjne		20	+	+	+
				60	-	-	-
56	Toluen	czysty technicznie	111	20	-	0	0
				60	-	-	-
57	Mocznik, mocz			20	+	+	+
				60	0	+	+
58	Gazy spalinowe	wszystkie		20	+	+	+
				60	+	+	+
59	Para wodna			20	+	+	+
				60	+	+	+
60	Wina	komercyjne		20	+	+	+
				60	-	+	+
61	Ksylen	czysty technicznie	144	20	-	-	-
				60	-	-	-
62	Drożdże	roztwory wodne		20	+	+	+
				60	0	+	+

W przypadkach szczegółowych realizacji instalacji rurociągowych z produktów InstalPlast Łask, co do nietypowych związków chemicznych, należy określić możliwość stosowania rur i kształtek na podstawie „Kart charakterystyk środków chemicznych”.

4.4. Materiały do łączenia rur

Podstawowymi materiałami służącymi do łączenie wzajemnego rur i kształtek są:

- specjalnie uformowane uszczelki gumowe i/lub elastomerowe typu wargowego lub pierścieniowego, powodujące uszczelnienie łączonych profili i ich pewną elastyczność, powodującą odchylenie od osi w granicach 0,5 ÷ 2,0^o bez utraty szczelności. Uszczelki gumowe i/lub elastomerowe, jako materiały, posiadają atest PZH w Warszawie i są dostarczane przez Producenta rur jako elementy łączące dane profile, umieszczone w kielichu i/lub karbie profilu (rury, kształtki, innego rodzaju wyroby),

- kleje bądź rozpuszczalniki, których działanie w większości przypadków polega na zjawiskach adhezji (czyli wzroście przyczepności powierzchni granicznych) oraz kohezji (czyli wykorzystaniu wewnętrznej wytrzymałości warstwy kleju) poprzez przechodzenie ze stanu ciekłego lub żelowego w stan stały. Klejenie może odbywać się na zimno (w przedziale od

+ 5^0C do + 35^0C) i na gorąco (w przedziale 120^0C ÷ 250^0C). Stosowane kleje to: metakrylowe, cyjanokrylowe, epoksydowe i hybrydy,

- spawanie polegające na termicznym uplastycznieniu krawędzi łączonych tworzyw sztucznych i zastosowaniu dodatkowego pręta spawalniczego, pełniącego rolę spoiwa, zbudowanego z tego samego tworzywa,

- zgrzewanie polegające na procesie łączenia dwóch elementów poprzez docisk z podgrzaniem do stanu plastycznego miejsc styku łączonych elementów bez dodawania spoiwa. Na skutek docisku zachodzi wzajemne przeplatanie się łańcuchów polimeru, w wyniku ich częściowego przenikania złączonych elementów. W zależności od miejsca doprowadzenia lub powstawania ciepła w procesie, stosowane są następujące odmiany zgrzewania: kontaktowe, płytowe, mufowe lub elektrooporowe.

Przedstawione powyżej materiały (za wyjątkiem uszczelek) są stosowane do łączenia elementów ze względu na konieczność przenoszenia wysokich ciśnień wewnętrznych mediów, jak i zewnętrznych. Łączenie z użyciem uszczelek i za pośrednictwem dodatkowych łączników i kształtek, których całe asortymenty są produkowane przez InstalPlast Łask ma za zadanie utrzymanie szczelności instalacji w aspekcie zjawisk infiltracji i/lub eksfiltracji, co odpowiada ciśnieniu kilku metrów słupa wody.

Zgrzewanie kontaktowe, mufowe lub elektrooporowe jest stosowane przy budowie systemów rurociągowych, służących do przesyłania ciśnieniowego wody, ścieków, gazów lub innych mediów korzystnych materiałowo (odpowiadających materiałowi pod względem chemicznym, bhp i higieniczno-sanitarnym). Klejenie winno być preferowane przy instalacjach, gdzie przesyłanym medium nie jest woda do picia (chyba, że dany środek klejąco-rozcieńczający posiada atest PZH, co coraz częściej ma miejsce). Spawanie wskazane jest dla instalacji pozostających z łatwym dostępem eksploatatora lub osoby nadzorującej.

4.5. Uzbrojenie przewodów

Zarówno rurowe systemy wodociągowe, kanalizacyjne, jak i odwodnieniowe i drenażowe wymagają dodatkowej armatury i uzbrojenia, które należy w odpowiedni sposób połączyć tak, aby stanowiły one całość, a jednocześnie spełniały swoje funkcje wynikające z definicji, przeznaczenia oraz funkcji. Na wyposażenie systemu wodociągowego składają się podstawowe rodzaje armatury takie, jak:

- czerpalna,
- regulacyjna,
- ochronna,
- pomiarowa.

Armatura czerpalna dzieli się na baterie i zawory czerpalne oraz zdroje uliczne, bezpośrednio służące mieszkańcom, a także na hydranty i zawory hydrantowe, co służy odpowiednim służbom komunalnym.

Armaturę regulacyjną dzieli się na: służącą do przepływu, jak: przepustnice, zawory odcinające i zawory zaporowe oraz stanowiącą elementy związane z ciśnieniem, jak zawory redukcyjne i sterujące.

Armaturę ochronną dzieli się na zawory zwrotne, zabezpieczające przed niepożądanym przepływem, odpowietrzniki, odwodnienia, zawory napowietrzająco-odpowietrzające, zabezpieczające przed spadkiem i/lub wzrostem ciśnienia, napowietrzaniem, bądź nawodnieniem, zawory antykontaminacyjne (antybakteryjne – antyskażeniowe) i osadniki, zabezpieczające przed wtórnym zanieczyszczeniem oraz zawory przeciwuderzeniowe i kompensatory, zabezpieczające przed wzrostem ciśnienia – naprężeń.

Armaturę pomiarową dzieli się na: mierzącą ciśnienie, jak wszelkiego rodzaju ciśnieniomierze (manometry) lub mierzącą przepływ, bądź objętość, jak wodomierze, bądź przepływomierze.

Na wyposażenie systemu kanalizacyjnego składają się takie elementy wyposażenia, stanowiące integralną część sieci, jak:

- studnie kanalizacyjne wszelkiego rodzaju (przełazowe, nieprzełazowe, kaskadowe lub przepadowe, kontrolno-rewizyjne lub inspekcyjne),
- urządzenia przeciwzalewowe, współpracujące w ramach instalacji wewnętrznych, jak i stosowane w instalacjach ogólnospławnych lub burzowych, często z pompowym usuwaniem wysokich stanów cieczy,
- wpusty kanalizacyjne,
- syfony kanalizacyjne,
- zamknięcia przeciwpożarowe pionów kanalizacyjnych,
- rury wywiewne, czyszczaki,
- zawory napowietrzające.

Większość z tych elementów, jak: napowietrzacze, czyszczaki, rewizje, studnie kanalizacyjne, osadnikowe i odwodnieniowe oraz zasuwy burzowe są wykonywane przez

InstalPlast Łask. Pozostałe elementy wyposażenia sieci kanalizacyjnej lub wodociągowej, pochodzące od innych Producentów mogą być montowane za pośrednictwem (z wykorzystaniem) kształtek pośrednich lub specjalnych produkowanych przez InstalPlast i łączone sposobami (metodami) wymienionymi w punkcie 4.4. niniejszego opracowania. Do łączenia armatury wodociągowej, bądź kanalizacyjnej w systemach rurowych, produkowanych przez InstalPlast służą kształtki typu: złączki, nasuwki, złączki redukcyjne, mufy zwykłe, szczelne lub z ogranicznikiem, połączenia rur z różnych materiałów, tuleje kołnierzowe czy elementy teleskopowe. Asortyment produktów daje możliwość złożenia każdego systemu rurociągowego, niezbędnego dla funkcjonowania podstawowych instalacji, służących ludziom, przemysłowi i rolnictwu.

5. ZŁĄCZKI, KSZTAŁTKI POŁĄCZENIA

5.1. Charakterystyka materiałowo-techniczna

Rurociągi, kształtki i złączki oraz inne elementy połączeniowe są wytwarzane z tego samego materiału, w aspekcie danego systemu, stąd informacje dotyczące samego materiału, z jakiego są wykonane kształtki, przekładają się na rodzaj tworzywa podstawowego dla rur i zostały zamieszczone w niniejszym rozdziale. Do produkcji rur i kształtek stosowany jest:

- polichlorek winylu nieplastyfikowany (niezmiękczony), będący produktem polimeryzacji chlorku winylu oraz gazu otrzymanego z przeróbki acetylenu lub etylenu. Uzyskany produkt (PVC-U) odznacza się wysoką odpornością na chemiczne i mechaniczne działanie wody, roztworów wodnych, większości kwasów, tłuszczów, olejów i gazów, co zostało zaprezentowane w tabeli 2. Zalety materiału, w tym jego pozytywnie odbierane cechy fizyczne oraz łatwość połączeń, szybkość montażu, elastyczność czy właściwości hydrauliczne odnoszą się do rur i kształtek wykonanych z PVC. Rurociągi generalnie są wykonywane metodą wytłaczania z PVC z dodatkiem stabilizatorów, środków smarnych, wypełniaczy i pigmentów, natomiast kształtki, profile, złączki i inna galanteria do systemu są wykonane metodą wtryskową lub formowane termoplastycznie z fragmentów rur,

- polietylen (PE) jest tworzywem stosowanym powszechnie do rurociągów i kształtek, stosowanych dla instalacji zewnętrznych i wewnętrznych sieci, służących dla przesyłu wody oraz substancji ciekłych i gazowych (vide tabela 2). W zależności od rodzaju polimeryzacji rury i kształtki polietylenowe produkowane są w odmianach:
  - niskiej gęstości (oznaczenie: LDPE lub PELD),

- średniej gęstości (oznaczenie: MDPE lub PEMD),
- wysokiej gęstości (oznaczenie: HDPE lub PEHD),

najczęściej metodą wytłaczania.

Do instalacji wodociągowych stosuje się zawsze polietylen wysokiej gęstości (PEHD), natomiast dla instalacji kanalizacyjnych najczęściej jest stosowany polietylen o wysokiej gęstości, ale również dla rurociągów o gorszych parametrach wytrzymałościowych bywa stosowany polietylen średniej gęstości (PEMD), szczególnie dotyczy to rurociągów stosowanych w systemach drenażowych. Rurociągi i kształtki polietylenowe odznaczają się wysoką odpornością chemiczną, niskim ciężarem właściwym, a przede wszystkim małymi oporami przepływu na skutek dużej gładkości ścianek. Niski moduł sprężystości tego materiału umożliwia, mimo dużej rozszerzalności liniowej, budowę instalacji bez kompensatorów, co dodatkowo daje zabezpieczenie przed pęknięciem w przypadku przemarzania (zamarzania wody lub ścieków) fragmentów sieci,

- polipropylen (PP) charakteryzuje się wśród poliolefinów stosowanych do wyrobu rur i kształtek najwyższym zakresem topliwości krystalitu, w związku z tym wyróżnia się dużą odpornością na temperaturę. Produkcja rur odbywa się metodą wytłaczania z gotowych granulatów, natomiast kształtek metodą wtryskiwania. Polipropylen zaliczany jest do produktów trudnopalnych. Charakteryzuje się dużą odpornością na różnego rodzaju substancje chemiczne, w tym agresywne (vide tabela 2). Rurociągi i kształtki z PP mogą być stosowane do budowy wewnętrznych instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych, instalacji przemysłowych, gdzie występuje konieczność zapewnienia dużej odporności na środki chemiczne oraz instalacji zewnętrznych dla gałęzi gospodarki jak wyżej, a także dla rolnictwa. Instalacje z PP są budowane na wysokie ciśnienia PN10 – do instalacji wody zimnej, PN16 – do instalacji ciepłej wody użytkowej z recyrkulacją i PN20 – do instalacji grzewczych. Instalacje kanalizacyjne z PP stosuje się w sytuacjach wysokich temperatur czynników płynących (do 85^0C w sposób ciągły, a powyżej w sposób chwilowy).

5.2. Rodzaje złączy

Systemy łączenia instalacji rurowych z kształtkami w celu zmiany kierunku, średnicy, funkcji, płaszczyzny itp. właściwości samego systemu odbywać się mogą przy użyciu kształtek i/lub złączy przeznaczonych do tego celu lub metod, które zostały scharakteryzowane w rozdziale 4.4. niniejszego opracowania jako materiały pomocnicze do łączenia rur. Uzupełnieniem tych

informacji, zawartych w punkcie 4.4. jest usystematyzowanie rodzajów złączy w zależności od materiału rur i kształtek.

W przypadku zastosowania rur lub kształtek z PVC stosuje się połączenia z wykorzystaniem rurociągów kielichowych, kształtek zawierających kielichy, jak i specjalnych kształtek łącznikowych, stosując uszczelki elastomerowe pierścieniowe lub wargowe, posadowione w uformowanym kielichu z rowkiem na przedmiotową uszczelkę. Złącze tego typu jest połączeniem bezciśnieniowym, rozłącznym, umożliwiającym wzajemne wzdłużne i kątowe przesunięcie części rurociągu i kompensację wydłużeń. Złącza tego typu zapewniają szczelność połączeń pod warunkiem odchyleń rur łączonych od osi o mniej niż 2°. Jednocześnie odporność chemiczna uszczelek odpowiada odporności materiału, z którego są zbudowane rury i kształtki. Firma InstalPlast Łask produkuje całą gamę różnego rodzaju kształtek i złączek, które są elementami łączenia systemu i mogą być traktowane jako rodzaje łączników (złączy) dla instalacji i sieci. Asortyment tych elementów został zasygnalizowany i krótko scharakteryzowany w rozdziale 4.2. niniejszego opracowania i szczegółowo zaprezentowany w katalogach firmowych.

Systemy PVC wysokociśnieniowe wykonuje się poprzez łączenia rur i/lub kształtek z użyciem połączeń klejonych, niekiedy z użyciem kształtek pośrednich (łączników), często z łączeniem dowolnych elementów klejonych doczołowo bez użycia kalibratorów. Wyróżnia się też połączenia klejone przez kalibrowanie końców rur i kształtowanie kielichów.

Systemy rurociągowe z polietylenu (PE) i polipropylenu (PP) są łączone poprzez zastosowanie złączy nierozłącznych metodą:

- zgrzewania czołowego (rury i kształtki),
- elektrooporową (zgrzewanie rur z kształtkami złączkami równoprzelotowymi z wmontowanym
  wewnątrz drutem oporowym – złączki elektrooporowe),
- polifuzyjną (zgrzewanie rur łącznikami – kształtkami kielichowymi).

Podstawowe warunki zgrzewalności rur oraz łączników – kształtek z PE i PP to:

- zgrzewalności może podlegać ten sam rodzaj tworzywa, a więc PE z PE, bądź PP z PP o zbliżonych indeksach topliwości – płynięcia,
- indeks topliwości materiałów zgrzewanych rur i kształtek powinien wynosić w przedziale 0,4 ÷ 1,3 g/10 minut,
- grubość ścianek rur i kształtek przy zgrzewaniu powinna być w zasadzie analogiczna, z czym wiąże się zgrzewanie detali tej samej klasy ciśnienia,

- małe różnice w grubości ścianek rur i kształtek przy zgrzewaniu są dopuszczalne, nie powinny jednak przekraczać 10% grubości ścianek łączonych elementów,

- elementy zgrzewane z użyciem specjalnych aparatów winny charakteryzować się różnicą temperatur pomiędzy swoimi powierzchniami nie większą niż $+5^0$C, przy oczywistej granicy płynięcia.

Metody nierozłącznego połączenia rur i kształtek mogą być stosowane w bardzo szerokich przedziałach średnic (praktycznie obejmuje przedział produkowany przez InstalPlast-Łask). Natomiast połączenia rozłączne (skręcane bezpośrednio lub ze śrubunkiem) mogą być stosowane dla rurociągów do DN 150 mm.

5.3. Montaż złączy i kształtek

Złącza rurociągów z PVC typu bezciśnieniowego mogą być realizowane w wykopie względnie na powierzchni terenu w zależności od technologii układania przewodu, głębokości wykopu i rodzaju szalunków stosowanych w robotach. Z reguły, gdy pojawia się konieczność zamontowania jakiejś kształtki z różnych powodów (zmiana kąta, płaszczyzny itp.), bywa ona, wraz z pojedynczym odcinkiem rury, jako swoisty „zestaw", montowana na powierzchni i załądowywana w wykopie lub na miejscu posadowienia (instalacje wewnętrzne), a następnie domontowywane bywają dalsze odcinki sieci. Złącza połączeniowe PVC – żeliwo lub PVC – kamionka w zasadzie powinny być wykonywane w wykopie, szczególnie dla większych średnic. Złącza PVC – PVC powinny być przed montażem (wciskiem) elementów sprawdzone na czystość wgłębienia kielicha, obecność uszczelki i posmarowane cienko środkiem antyadhezyjnym dla ułatwienia montażu. Nie można stosować do tych czynności olejów lub smarów.

Połączenia bosych końców rur ze sobą wykonuje się za pomocą złączek dwukielichowych lub nasuwek przelotowych przy uszczelnieniu ringowym typu elastomerowego, których producentem jest również InstalPlast Łask.

Przy montażu węzłów wodociągowych zachodzi często konieczność skracania rur do wymaganej długości, mimo różnorodnej długości odcinków. Rurę należy dokładnie uciąć w korytku drewnianym, a następnie sfazować bosy koniec poprzez obróbkę średnicy zewnętrznej bosego końca i takie jego obrobienie, aby nie spowodować uszkodzenia uszczelki.

Złącza kielichowe, jak już wielokrotnie przy okazji kształtek i innych profili poruszano, powinny być wykonywane za pomocą urządzenia wciskowego lub ręcznej dźwigni przy średnicach

poniżej 200 mm, przy średnicach większych wskazane jest stosowanie dźwigni dwustronnej z obejmą łańcuchową, co przeciwdziała „skrętom" uszczelek lub realizacji połączenia nieosiowego.

Połączenia różnych materiałów, np. PVC – żeliwo lub PVC – kamionka wykonuje się z zastosowaniem specjalnych konstrukcji łączy, których producentem jest także InstalPlast Łask.

Wykonanie złączy zgrzewanych, klejonych, spawanych praktycznie zostało skrótowo zaprezentowane wcześniej. Jednocześnie każdy z Wykonawców systemów (wodociągowych, kanalizacyjnych) ciśnieniowych lub nieciśnieniowych posiada własny system montażu i swoje przyzwyczajenia związane z realizacją złączy, w zależności od średnicy, warunków posadowienia i trudności zewnętrznych. Realizuje on złącza w taki sposób, aby próba szczelności dla tego fragmentu instalacji wypadła pozytywnie.

5.4. Połączenia z inną armaturą

W systemach rur wodociągowych i kanalizacyjnych niezbędne staje się zamontowanie różnego rodzaju armatury, która została wymieniona w punkcie 4.5. jako uzbrojenie wodociągów oraz wyposażenie instalacji kanalizacyjnych. Część z tego uzbrojenia jest realizowana poprzez InstalPlast Łask i w tych sytuacjach montaż takich elementów wynika niejako z realizowanego typoszeregu, część natomiast, a dotyczy to przede wszystkim uzbrojenia sieci wodociągowej, wykonana jest z innych materiałów (głównie stal, żeliwo, jak i pochodne tych materiałów) i wówczas sposób montażu jest nieco bardziej skomplikowany. Montaż armatury na przewodach PVC, PE czy PP odbywa się poprzez zastosowanie kształtek przejściowych wykonywanych przez InstalPlast Łask do średnicy DN 200 mm. Węzeł taki może być zmontowany na powierzchni terenu i opuszczony do wykopu oraz ustawiony w systemie wraz z odcinkami rur uzupełniającymi. W przypadkach średnic większych, szczególnie dotyczy to armatury regulacyjnej (zasuwy, zawory) czy ochronnej (zawory zwrotne, elementy zabezpieczające przed wzrostem ciśnienia), należy stosować żeliwne, bądź stalowe kształtki przejściowe, stanowiące swoisty węzeł. Dalej, tj. przed i za kształtkami są stosowane albo złączki dwukielichowe, albo nasuwki, albo kształtki pośrednie (do łączenia dwóch materiałów), bądź obejmy czy wreszcie system kołnierzowy z różnych materiałów, właściwie owiercony (z uwagi na średnice, jak i wielkość ciśnienia). W podobny sposób, jak podano wyżej należy montować hydranty – w każdym przypadku stosować do nich bloki podporowe tak, jak do zasuw i zaworów powyżej DN 200 mm. Rurociągi PE i PP łączone są z armaturą poprzez stosowanie kształtek przejściowych oraz złączy mechanicznych takich, jak łączniki zaciskowe (do DN 150 mm), kołnierzowe tuleje z PE i PP do zgrzewania czołowego i elektrooporowego z kształtką pośrednią do DN 350 mm, a także króćce z wieńcem do DN 500

mm. Szczególnie przy systemach rurociągowych o średnicach wyższych niż DN 250 mm niezbędny staje się montaż materiałowy mieszany, w którym są wykorzystywane różnego rodzaju elementy, kształtki i połączenia przejściowe. W systemach o średnicach powyżej DN 800 mm należy liczyć się z wykonaniem elementów przejściowych na zamówienie, stosowanie rur podwójnych ze szczelnymi wypełniaczami stałymi lub żelowymi, pozwalającymi uzyskać wytrzymałość na ciśnienie rzędu 1,5 ÷ 4,0 MPa.

6. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA PRODKTÓW

Nowoczesne systemy wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe czy odwodnieniowe wszelkich gałęzi przemysłowych wymagają rozwiązań dostosowanych do potrzeb użytkowników, zarówno fizycznych, jak i gospodarczych, wykonawców oraz inwestorów dysponujących technologiami i sprzętem w zakresie układania rur i kształtek. Tempo rozwoju gospodarczego, jak i szybkość realizacji przedsięwzięć budowlanych zmusza wszystkie strony procesu inwestycyjnego do szukania nowoczesnych i trwałych rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych w obszarach, w których materiały tradycyjne zaczynają tracić na popularności, a szczególnie na walorach technologicznych i technicznych, a ich cechy użytkowe często nie odpowiadają oczekiwaniom i wymogom wszelkiego rodzaju użytkowników. Systemy rurażowe od wielu lat produkowane z termoplastycznych tworzyw sztucznych poddawane są procesom nieustannego rozwoju, w rezultacie zyskując obszary nowych zastosowań. Dzisiaj budowa sieci wodociągowych na terenach o dużym stopniu uzbrojenia i skomplikowania sieci to domena systemów z PE, natomiast tam, gdzie tereny są mniej zurbanizowane, a sieć nie jest mocno zróżnicowana pod względem wyposażenia, różnic wysokościowych itp. czynników, stosuje się systemy ciśnieniowe z PVC. Systemy wodociągowe z tworzyw sztucznych (PE, PVC, PP) wprowadziły wiele udogodnień oraz podniosły standard w zakresie jakości wody dostarczanej do odbiorców. Sprawiły one, że:

- odporność chemiczna materiału zapewnia brak wpływu na jakość uzdatnianej i dystrybuowanej wody, a także pozwala na stosowanie większej gamy utleniaczy chemicznych, będących środkami dezynfekcyjnymi dla wody,
- niska chropowatość rurociągów daje trwale wysoką hydraulikę, bez konieczności częstego płukania sieci i/lub jej mechanicznego czyszczenia,
- odporność na korozję przeciwdziała procesom inkrustacji czy wręcz zarastaniu rurociągów,

- wytrzymałość jest możliwa do zastosowania rur w pełnym zakresie występowania ciśnień w wodociągach.

System kształtek z PVC i PE pozwala, w odróżnieniu od materiałów tradycyjnych, zbudować kompletną sieć wodociągową, poczynając od przyłączy domowych Ø25 mm do magistrali wodociągowych nawet Ø1600 mm. W przypadku InstalPlast Łask system ten zawiera się w przedziale średnic 25 ÷ 1000 mm, ale jest to w pełni uzasadniony zakres asortymentu, zważywszy tendencje wielu źródeł ujęć wodnych, realizacji sieci pierścieniowych, jak i dublowania rurociągów tranzytowych.

Rozwój infrastruktury kanalizacyjnej jednostek osadniczych miejskich oraz budowa sieci w jednostkach wiejskich (o mniejszym zaludnieniu) wymaga ujęcia przyszłościowego takiego systemu, dużej trwałości oraz szczelności. Cechy te spełniają rurociągi z PE i PVC, które dodatkowo charakteryzują się mniejszą awaryjnością – współczynnik niezawodności takich sieci jest od kilku do kilkunastu razy większy niż sieci tradycyjnych, uwzględniając w algorytmie także wiek systemu. Systemy kanalizacyjne z tworzyw sztucznych nie wymagają (wręcz stosowanie jest niewskazane) stosowania elementów sztywnych takich, jak studnie kanalizacyjne betonowe lub żelbetowe. Dlatego też do systemów są produkowane studnie włazowe, inspekcyjne, kontrolne z tworzyw sztucznych o różnych średnicach, w zależności od funkcji, co sprawia, że na sieci występują elementy związane z odpowietrzaniem – przewietrzaniem sieci, kontrolą drożności czy możliwością inspekcji z użyciem sprzętu, a koszty inwestycyjne takiego układu, nawet w odniesieniu do studni (elementów pionowych i prostopadłych do sieci, zwanych często galanterią lub oprzyrządowaniem), są niższe.

Coraz większe zastosowanie w systemach kanalizacji sanitarnej i deszczowej mają rury „dużych średnic", tzw. rury strukturalne o konstrukcji dwuściennej, popularnie nazywane rurami korugowanymi (lub też karbowanymi). Są one wykonywane z polietylenu (PE) oraz coraz częściej z polipropylenu (PP). System rur korugowanych z polipropylenu (PP) produkowany przez InstalPlast-Łask w zakresie średnic od 160 mm do 1000 mm spełnia wymagania realizacji sieci kanalizacyjnych o specjalnych walorach wytrzymałościowych, lokalizacyjnych (zabudowa wielomedialna – trudna) i montażowych. Ponadto system został uzupełniony odpowiednimi kształtkami z tych samych materiałów i struktury, co pozwala na sformatowanie kompletnej sieci.

Oprócz głównych zastosowań tworzyw sztucznych, zaprezentowanych powyżej, rury PE i PVC są stosowane w średnicach do 200 mm jako system odwodnieniowy – drenarski, powierzchniowy lub podziemny. Jego zastosowanie związane jest z rozwojem dróg klas wyższych (autostrady, drogi ekspresowe czy szybkiego ruchu), wymagających systemowego odwodnienia

i bezpiecznego odprowadzania proekologicznego wody. Dotyczy to zarówno samych nawierzchni jezdnych, jak i obiektów technicznych dróg, takich jak mosty, estakady, kładki, przejścia dla zwierząt, zjazdy czy wręcz węzły wielopoziomowe. Rurociągi z PE i PP stosowane dla odwodnienia dzięki swoim właściwościom stanowią system łatwo montowalny, szybko odwadniający określoną powierzchnię jezdną, zachowują czystość przekroju i jego drożność po ustąpieniu opadów i dają się łatwo czyścić przy użyciu mało skomplikowanego sprzętu.

Zastosowanie kompleksowych rozwiązań inżynierskich i materiałowych, szczególnie od jednego producenta, w budowie infrastruktury podziemnych przewodów kanalizacyjnych i wodociągowych oraz odwodnieniowych pozwala na uzyskanie trwałości systemu minimum 50 lat (co zostało już praktycznie udowodnione). Natomiast rozwój materiałowy oraz prognozy eksploatacyjne, oparte na podstawie badań, pozwalają na określenie czasu trwałości systemu w warunkach pracy na poziomie 100 lat. Za podstawę tego okresu bierze się takie cechy, jak: eliminacja zjawiska korozji chemicznej, szczelność systemu w sytuacjach krytycznych (ugięcie zamiast pękania), wysoki współczynnik niezawodności pracy czy wytrzymałość na działanie sił wielopłaszczyznowych, złożonych, o różnych amplitudach i częstotliwościach.

7. OPAKOWANIE

Rury z PVC-U, PP i PE produkowane w postaci odcinków są pakowane w pakiety (rodzaj palety) przy użyciu sformatowanych w prostokąt przekładek drewnianych (kantówek), połączonych na stałe taśmą dla umożliwienia utworzenia z wiązki rur prostopadłościanu. Przekładki drewniane występują w części początkowej i w części końcowej pakietu. W przypadku, gdy odcinki rur są większe niż 2,5 m występuje przekładka pośrednia w celu stabilizacji wiązki. Odcinki rur posiadające kielichy układa się naprzemiennie z wycofaniem końca bosego. Rury drenarskie z PEHD lub w otulinie z PP są pakowane w kręgi o długości 50 mb, o średnicy wewnętrznej wynoszącej, co najmniej 25 średnic, nie mniej niż 60 cm (dotyczy pierwszych zwojów). Kształtki, w zależności od rodzaju i ilości oraz formułowanego asortymentu, są pakowane na palety i owijane folią lub w pudla tekturowe i foliowane jednostronnie przylepną folią stabilizującą lub w worki polietylenowe, w tym również typu big-bag, również w dużych pojemnościach.

8. TRANSPORT I PRZECHOWYWANIE

Do załadunki i rozładunku rur używać należy odpowiednich urządzeń typu wózek widłowy z zabezpieczonym elementem załadowczym – wysięgnikiem, ładowarka z osprzętem do palet, wyposażona w miękkie zabezpieczenia przed zarysowaniem lub dźwig posiadający niemetalowe pasy bądź liny (z włókien sztucznych lub naturalnych). Transport rur samochodami jest uregulowany przepisami o ruchu kołowym na drogach publicznych i praktycznie może być realizowany dowolnymi środkami transportu, dostosowanymi m.in. do długości tonażu i wysokości. Rury w odcinkach prostych w czasie transportu powinny być ułożone ściśle obok siebie na całej powierzchni, zabezpieczone przed przesuwaniem się i uszkodzeniem. W przypadku stosowania samochodu szkieletowego lub skrzyniowego burty winny zostać zabezpieczone w taki sposób, aby nie powodować zarysowań na ułożonych odcinkach rur. Wysokość składowania w samochodach szkieletowych do wysokości górnego szkieletu, natomiast w skrzyniowych maksymalnie 1 m ponad krawędź górną skrzyni, ale w taki sposób, że sformowana wiązka rur (pakiet) jest posadowiona poniżej górnej krawędzi burty o 1,5 D (średnicy rur przewożonych). Wysokość rur podczas transportu i składowania powinna być taka, aby nie powodowała ich uszkodzenia i była zapewniona stabilność stosu. Wolne końce rur w odcinkach prostych, wystające poza skrzynię ładunkową, nie powinny być w zasadzie dłuższe niż 1 m, ale winny spełniać przepisy „Prawa o ruchu drogowym (Dz. U. z 2012 r., poz. 1137 – tekst jednolity obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z późn. zmianami), które dopuszcza długość 2 m od tylnej płaszczyzny obrysu pojazdu. Rury na środkach transportowych winny być ułożone w sposób uporządkowany. Rury o różnych średnicach powinny być składowane oddzielnie, a jeżeli nie jest to możliwe, to rury o większych średnicach i grubszych ściankach powinny znajdować się na spodzie. Podłoga pojazdu powinna być równa, wolna od ostrych krawędzi śrub, występów czy mechanicznych zanieczyszczeń. Wskazane byłoby, aby płaszczyzna podłogi pojazdu została zdylatowana przekładkami drewnianymi (deskami) o grubości minimum 2,5 cm i szerokości minimum 10 cm w rozstawie co 1,0 ÷ 1,5 m, w zależności od odcinków rur, prostopadle do długości rurociągów układanych. Dopuszcza się teleskopowy transport polegający na ręcznym umieszczeniu rury o mniejszej średnicy w rurze o większej średnicy i zabezpieczeniu rur pozostających wewnątrz przed przesuwaniem. Rozładunek rur przewożonych teleskopowo odbywać się powinien ręcznie przez stopniowe wyjmowanie rur ze środka większych średnic. Rury w zwojach należy transportować tak, aby nie było możliwe ich przesuwanie się i najlepiej w pozycji poziomej lub pionowej (bez pozycji pośrednich). Z uwagi na specyficzne właściwości rur z tworzyw sztucznych należy:

- tak zabezpieczyć rury, szczególnie dolną warstwę, aby nie następowało ich przesuwanie,

- końce rur zabezpieczyć zaślepkami (zatyczkami) – nie dotyczy to rur przepustowych i do preizolacji,
- podczas prac przeładunkowych nie rzucać i nie przeciągać rur,
- unikać kontaktu w trakcie transportu i przechowywania z olejami, tłuszczami, smarami lub innymi środkami chemicznymi powodującymi trwałe zanieczyszczenia,
- przewóz rur wykonywać w temperaturach powietrza w przedziale od -10^0C do $+30^0$C. W przypadkach występowania niższych temperatur otoczenia niż -10^0C należy dla przewozu uzyskać zgodę producenta rur, tj. InstalPlast Łask,
- nie przewozić na materiałach z PVC, PE czy PP innych materiałów (rozdzielczość poszczególnych rodzajów rur i kształtek),
- kształtki w opakowaniach nieodpornych na opady atmosferyczne przewozić krytymi środkami transportu, zabezpieczającymi przed deszczem i/lub śniegiem,
- w okresie letnim zapewnić ochronę rur i kształtek przed nagrzewaniem i naświetlaniem promieniami słonecznymi (szczególnie dotyczy to elementów łączących).

Optymalnym sposobem transportu rur jest łączenie rurociągów w wiązki, stosy lub pakiety.

Składowanie rur i kształtek na placu budowy, bądź w jego pobliżu czy w miejscach, skąd następuje dystrybucja powinno być realizowane na powierzchniach o równym podłożu, wolnym od ostrych przedmiotów, kamieni lub występów. Rury powinny być składowane w opakowaniach fabrycznych producenta. W paktach (pakietach) z bocznymi ogranicznikami z desek mogą być składowane do wysokości 3 m, natomiast tylko w samych paktach do wysokości 2 m, z tym, że palety winny być ułożone na deskach (położonych na płask), w rozstawie maksymalnym 2,5 m, prostopadle do osi rur. Rury z kielichami należy układać na przemian w celu utrzymania stosu w formie prostopadłościanu. Rury o różnych średnicach powinny być składowane w osobnych pryzmach. Jeżeli jest to niemożliwe, to rury o największych średnicach i/lub najgrubszych ściankach powinny być układane na spodzie pryzmy, jakkolwiek przy składowaniu rur należy uwzględnić kolejność ich zabudowy, jeżeli ma to miejsce na placu budowy. Specyfika właściwości rur z tworzyw sztucznych wymaga następujących warunków składowania:

- magazynowane rury powinny być zabezpieczone przed działaniem promieni słonecznych, które mogą powodować odbarwienie materiału, nie wpływając negatywnie na wytrzymałość rur czy ich strukturę,

- dłuższe składowanie, szczególnie rur z PVC, powinno odbywać się w pomieszczeniach zamkniętych, dobrze wentylowanych, w stosach nie przekraczających 1,5 m,

- temperatura przechowywania rur w pomieszczeniach winna oscylować w przedziale $-10^0C \div +40^0C$ jakkolwiek optymalną temperaturą przechowywania jest ponad $+5^0C$,

- przy niskich temperaturach otoczenia należy zwrócić uwagę na eliminację uderzeń mechanicznych rur gdyż odporność mechaniczna na takie zjawiska gwałtownie maleje – wzrasta kruchość,

- jeżeli rury są dostarczane w zwojach, pakietach, pryzmach i bywają opakowane folią, to opakowanie należy usunąć tuż przed ich instalowaniem,

- okres składowania rur od daty produkcji nie powinien być dłuższy niż:
  - 24 miesiące dla rur czarnych – ciemnych, ciśnieniowych,
  - 12 miesięcy dla rur ciśnieniowych w pozostałych kolorach, w tym dla rur korugowanych,
  - 12 miesięcy dla rur PVC, PE i PP pozostających w odcinkach prostych,
  - 6 miesięcy dla rur pozostających w zwojach,

- rury i kształtki powinny być składowane z dala od źródeł ciepła oraz środków chemicznych używanych na budowie takich, jak: farby, smary i oleje, paliwa, rozpuszczalniki, kleje,

- kształtki i prostki o długości ≤ 0,5 m należy składować w opakowaniach, według asortymentu i wymiarów, najlepiej na regałach,

- obróbka rur i kształtek przechowywanych powyżej 6 miesięcy powinna odbywać się w temperaturze otoczenia powyżej $+10^0C$,
- rury i kształtki powinny być tak składowane aby nie dochodziło do zanieczyszczenia ich wnętrza (ziemią czy odpadami budowlanymi) – należy zachować podstawowe zasady czystości.

Mimo, że warunki transportu rur i kształtek oraz ich składowania są wielopunktowe, to mając na względzie rodzaj i zakres tych wymagań, nie jest skomplikowaną czynnością spełnienie tych procedur.

9. PODSTAWOWE ZASADY PROJEKTOWANIA SIECI

Systemy zaopatrzenia w wodę aglomeracji miejsko-przemysłowych i odprowadzania z nich ścieków, jako wód zużytych, stanowią główne i nieodzowne elementy mediów niezbędnych dla człowieka, jak i przemysłu, i rolnictwa, co sprawia, że ich projektowanie jest nadrzędne i pierwszoplanowe. Sieć wodociągowa (projektowanie i realizacja) oparta jest na kryteriach wykorzystania zasobów wodnych, zasięgu terytorialnym, systemach ogólnego przeznaczenia, wydobycia i uzdatniania i właściwym przesyle. Ponieważ ten rodzaj sieci pracuje pod ciśnieniem (dyspozycyjne dla przesyłu – niezbędna dla funkcjonowania przyborów) podstawową zasadą projektowania optymalnego jest ustalenie niezbędnych ilości wody, jej jakości, stanowiącej odpowiednik normatywu zdrowotnego oraz uzyskania ciągłości dostaw. Projektowanie sieci wodociągowych w aspekcie doboru systemów rurowych pozostaje nieco problemem wtórnym, gdyż zastosowane (projektowane) instalacje przesyłowe, z racji pracy ciśnieniowej, mają za zadanie posiadać przepustowość obliczeniową, wymagalną wytrzymałość wewnętrzną, jak i ze względu na działanie czynników zewnętrznych oraz cechy niezbędne dla łatwego montażu i możliwości zainstalowania różnorodnej armatury, która w sytuacji wodociągów jest i wielofunkcyjna (punkt 4.5. niniejszego opracowania) i asortymentowo rozbudowana. Systemy rurowe w wodociągach stanowią więc pewien niewielki procent układu i podczas projektowania zasady są ukierunkowane na elementy wskazane wyżej – bardziej związane z szeroko pojętym zaopatrzeniem w wodę.

Natomiast projektowanie sieci kanalizacyjnej, z racji prowadzenia systemów rurowych w sposób grawitacyjny (problemy kanalizacji ciśnieniowej lub podciśnieniowej są podobne do problemów sieci wodociągowych) ma priorytet w doborze rodzaju kanalizacji, wielkości kanału, spadków, materiału, zadań, obliczeń hydraulicznych i wielu innych czynników, co zostało zaprezentowane poniżej.

9.1. <u>Ogólne zasady projektowania sieci …</u>

9.1.1. … dla odprowadzania ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych

Każdy układ kanalizacyjny dla w/w rodzajów ścieków składa się z:

- wewnętrznych instalacji kanalizacyjnych w budynkach mieszkalnych użyteczności publicznej oraz przemysłowych,

- przewodów zewnętrznych (przykanalików) z terenu gospodarstw indywidualnych i mieszkań zbiorowych, osiedli, obiektów wszelkiej infrastruktury oraz zakładów przemysłowych,
- sieci kanałów ulicznych i drogowych,

a także dodatkowo z:

- oczyszczalni ścieków lub innych obiektów chroniących wody odbiornika,
- przewodów i urządzeń służących do odprowadzania ścieków oczyszczonych do odbiornika.

Do tego rodzaju ścieków trafiają:

- ścieki bytowo-gospodarcze,
- ścieki przemysłowe,
- wody infiltracyjne w niewielkich ilościach,
- wody przypadkowe, również w niewielkich ilościach.

Kanalizacja odprowadzająca ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe jest często kwalifikowana jako kanalizacja częściowa, zagrażająca najbardziej czystości wód i wymagająca lokalizacji na końcu tego systemu oczyszczalni ścieków. Sieć tej kanalizacji może być rozwiązywana jako układy konwencjonalne (grawitacyjne) oraz układy niekonwencjonalne (ciśnieniowe lub podciśnieniowe – próżniowe). Podstawowym elementem projektowania tego rodzaju układu kanalizacyjnego jest ustalenie ilości odprowadzanych ścieków w charakterystycznych przepływach ($Q_{śrd}$, $Q_{max\ d}$, $Q_{max\ h}$ czy Q_{min}) w oparciu o:

- plany rozwoju przestrzennego jednostek osadniczych,
- wskaźniki ilości ścieków wynikające ze standardu sanitarnego gospodarstw domowych,
- ilość mieszkańców (obecną i perspektywiczną),
- stan przemysłu – rodzaj, wielkość produkcji, ilość odprowadzanych ścieków,
- wskaźniki ilości ścieków wynikające z pozostałych celów zaopatrzenia w wodę (obiekty użyteczności publicznej, gospodarka komunalna),
- wyniki badań ankietowych.

Zestawienie ilości ścieków dla oceny wielkości sieci kanalizacyjnej należy przeprowadzić każdorazowo dla dwóch okresów „pomiarowych” – teraźniejszego i kierunkowego (perspektywicznego), różniących się od siebie o 30 ÷ 40 lat.

9.1.2. … dla odprowadzania ścieków deszczowych

Układ kanalizacyjny dla ścieków deszczowych może składać się z elementów sieciowych i obiektowych, jak w przypadku sieci zaprezentowanej w punkcie 9.1.1., zakończonych oczyszczalnią (podczyszczalnią) usuwającą zawiesiny ogólne i węglowodory ropopochodne (substancje ropopochodne). Do tego rodzaju kanalizacji trafiają ścieki:

- opadowe lub roztopowe,
- wody infiltracyjne w niewielkich ilościach,
- wody ze stałych odwodnień,
- wody przypadkowe, także w niewielkich ilościach.

Ścieki opadowe, uważane do niedawna za wody umownie czyste, bywają dzisiaj znacznie zanieczyszczone pod względem sanitarnym, ale bardziej czyste z uwagi na znacząco mniejsze ilości zanieczyszczeń typu substancje rozpuszczone oraz zawiesiny ogólne (w tym przypadku zależy to od rodzaju powierzchni terenu). Ścieki opadowe są odprowadzane po powierzchni terenu w sposób naturalny lub kanałami zabudowanymi z powodu zagospodarowania terenu. Przekroje kanałów sieci deszczowej w formie kołowej są w ramach instalacji wewnętrznych zabudowywane w przedziale średnic 100 ÷ 200 mm, natomiast w instalacjach zewnętrznych od 250 mm w górę. Sieć kanalizacji deszczowej pracuje zwykle okresowo i bywa sytuowana nieco wyżej niż pozostałe rodzaje sieci oraz bywa prowadzona z większymi spadkami, co pozwala unikać kolizji obydwu tych rodzajów sieci kanalizacyjnych. Kanalizację deszczową oblicza się w oparciu o natężenie deszczu (obecnie, z uwagi na anomalie opadowe) silnego lub nawalnego, współczynniki spływu powierzchniowego oraz wielkość, kształt i charakter zlewni. Natężenie deszczu pozostaje w funkcji czasu jego trwania, skutkując intensywnością w aspekcie opadu chwilowego. Szczegóły obliczeń hydraulicznych zaprezentowano w dalszej części pracy.

9.1.3. … dla odprowadzania wód z odwodnień

Zorganizowane systemy kanalizacyjne miejskie lub wiejskie, odprowadzające ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe oraz często oddzielnie deszczowe są dość często wykorzystywane do odprowadzania ścieków powstających w wyniku prowadzenia okresowych, a ostatnimi czasy, ciągłych odwodnień interwencyjnych, infrastrukturalnych czy melioracyjnych. Dzieje się tak na skutek posadawiania obiektów w trudnych warunkach gruntowo-wodnych, specyfiki obiektu, którego funkcje wymagają znacznego zagłębienia w terenie, jak i niewykonania należytej izolacji przeciwwodnej. Kiedyś te wody, trafiające do kanalizacji, definiowano jako

przypadkowe, dzisiaj jako pochodzące z systemów odwodnieniowych. Sam system odwodnieniowy należy projektować w oparciu o obliczoną ilość wód mogącą być odprowadzaną z danego obszaru, na podstawie „wydajności" gruntu odwadnianego czy wydajności urządzeń prowadzących odwodnienie (filtry igłowe – ilość × jednostkowy wydatek, wydajność pomp odwadniających, wydajność lewarów, bądź przepustowość systemu drenażowego). W sytuacji odprowadzania wód odwodnieniowych do sieci kanalizacji deszczowej, w przypadku ich ilości niższej niż 10% przepustowości kanału, można tych wielkości nie uwzględniać w obliczeniach hydraulicznych. Natomiast, gdy udział wód odwodnieniowych jest większy i wynosi powyżej 20% wydajności kanału, należy taki strumień przyjmować do obliczeń i kontynuować obliczenia sieci deszczowej dla pogody suchej i deszczowej tak, aby nie stworzyć zagrożenia dla funkcjonowania sieci.

9.2. Systemy kanalizacji – układy sieciowe

Systemem kanalizacyjnym należy nazywać zespół rurociągów i współpracujących z nimi budowli inżynierskich, spełniających funkcje odprowadzania wód zużytych, powstałych w wyniku działalności życiowej i przemysłowej człowieka oraz wód powstających z opadów i topnienia lodu i śniegu. Istnieje szereg kryteriów klasyfikacji kanalizacji. Generalnie można je podzielić na bezodpływowe (zakończone zbiornikiem retencyjnym) i sieciowe (spławne). W zależności od rodzaju odprowadzanych ścieków podział kanalizacji można zdefiniować, jak w punktach 9.1.1. ÷ 9.1.3. powyżej. W zależności od sposobu transportu hydraulicznego ścieków kanalizację można podzielić na:

- grawitacyjną,
- podciśnieniową,
- ciśnieniową.

Kanalizację kompleksową (pełną) można podzielić, w zależności od systemu sieci do odprowadzania ścieków i wód opadowych, jako kanalizację:

- ogólnospławną,
- rozdzielczą,
- półrozdzielczą

i jest to podział najczęściej stosowany w praktyce projektowej danej aglomeracji, ale również w infrastrukturze komunalnej.

System ogólnospławny charakteryzuje się tym, że do odprowadzania ścieków bytowo-gospodarczych, przemysłowych i opadowych buduje się tylko jedną sieć. Uzupełnieniem takiego systemu są burzowce, którymi jest odprowadzany nadmiar wód deszczowych, zmieszanych

z pozostałymi rodzajami ścieków, bezpośrednio do odbiornika. Kiedyś ten system, jako początkowo jednosieciowy, był często stosowany. Później, przy uszczelnianiu powierzchni części obszarów, zaproponowane przekroje kanałów zaczynały pracować pod ciśnieniem, powodując wypływanie ścieków w miejscach niżej położonych, stąd pojawiły się burzowce z przelewami burzowymi. Obecnie system ten jest w dużych aglomeracjach rzadko rozbudowywany i bardziej stanowi pozostałości techniczne z dawnych okresów czasu (głównie lata 50 – 60-te ubiegłego wieku).

System kanalizacji rozdzielczej funkcjonuje na zasadzie projektowania, budowy i eksploatacji dwóch oddzielnych sieci, z których jedna odprowadza ścieki bytowo-gospodarcze i przemysłowe, a druga ścieki opadowe. Obydwie sieci kanalizacyjne nie posiadają wspólnych punktów połączeniowych, prowadzących do połączenia spławianych rodzajów ścieków.

System kanalizacji półrozdzielczej funkcjonuje w oparciu o dwie sieci prowadzące ścieki, jak w przypadku kanalizacji rozdzielczej, lecz przy ich pewnym powiązaniu. Powiązanie to (współdziałanie) polega na wykonywaniu na trasie sieci kanalizacji deszczowej specjalnych separatorów z kanałów deszczowych do kanałów ściekowych, gdzie są wykorzystywane właściwości hydrauliczne strugi ścieków. Takie powiązanie sprawia, że pierwsza fala ścieków deszczowych, najbardziej zanieczyszczonych (ale z tzw. opadu albo małego, albo początkowego), trafia do sieci kanalizacji sanitarnej i jest gruntownie oczyszczana w oczyszczalni. Opady o małej intensywności, a tym samym o niewielkiej strudze ścieków, mogą w całości trafić do sieci kanalizacji sanitarnej. System ten pod względem ekologicznym jest jak najbardziej polecany, ale jednocześnie najbardziej kosztowny, trudny w projektowaniu optymalizacyjnym i kłopotliwy w eksploatacji. Wybór systemu kanalizacyjnego wymaga rozpatrzenia szeregu czynników, zarówno dotyczących aglomeracji, dla której jest projektowana sieć, jak i warunków gruntowo-wodnych i wynikających z tego konsekwencji, gęstości zaludnienia, sezonowości odbioru ścieków, infrastruktury technicznej obszaru, wielkości odbiornika itp. czynników (np. konieczności pompowania czy stosowania albo dużych, albo bardzo małych – minimalnych spadków).

9.3. Zasady trasowania sieci

Trasowanie sieci jest pierwszą i podstawową czynnością podczas projektowania sieci kanalizacyjnych, niezależnie od fazy dokumentacji technicznej. Dla przybliżonych analiz realizacji sieci, związanych ze strategią położenia sieci, obsługą obiektów, kierunkiem rozwoju systemów czy pokazaniu ewentualnych wariantów przebiegu, można wykorzystać mapy sytuacyjno-wysokościowe w skalach praktycznie większych niż 1:500 (mogą to być mapy w przedziale

1:1000 ÷ 1:5000). Dla wykonania projektów budowlanych i/lub budowlanych-wykonawczych trasowanie sieci należy przeprowadzić na aktualnej mapie do celów projektowych, o określonej ważności (posiadającej klauzulę i ważność zaewidencjonowania w ośrodku geodezyjnym). Samo trasowanie polega na wyznaczeniu osi kanału na planie ulicy, drogi lub w obszarze (ciągu) przewidywanego przebiegu sieci. Na planie tym powinny być pokazane wszystkie istniejące i projektowane (po ewidencji w ramach ZUD) sieci i przewody uzbrojenia podziemnego, linie zabudowy, linie rozgraniczające, osie kanałów i rurociągów dochodzące i/lub przecinające projektowaną trasę w sąsiedztwie kilkunastu lub w niektórych przypadkach kilkudziesięciu metrów (tzw. kołnierz). Plan rurociągu (kanału) powinien być uzupełniony przekrojem poprzecznym ciągu jezdnego, bądź pieszego, w którym przebiega sieć, a także przekrojem podłużnym z niweletą ciągu. Według wyznaczonej osi kanału (rurociągu) należy nanosić gabaryty zewnętrzne, uzbrojenie projektowane oraz rozwiązania węzłów. Na rzucie poziomym (planie sytuacyjno-wysokościowym) powinny się znaleźć wpusty boczne lub odnogi kanałów (rurociągów), przewidywane przyłącza, bądź przykanaliki i armatura niezbędna dla funkcjonowania danej sieci. Kanały i rurociągi należy trasować równolegle do linii regulacyjnych (ciągu jezdnego, bądź pieszego) zachowując odległości przynajmniej minimalne dla pozostałych sieci. Zmiany kierunku kanałów większe niż 30° powinny być dokonywane przy użyciu studni rewizyjnych (kanalizacja), natomiast rurociągów ciśnieniowych poprzez trójniki lub kształtki kątowe, bądź łuki prefabrykowane z szeregu odcinków rurowych. Firma InstalPlast Łask dysponuje zarówno odpowiednimi studniami kanalizacyjnymi, wyposażonymi w odpowiednio ukształtowane kinety, jak i łukami dla sieci wodociągowej w przedziale 11° ÷ 90°, w asortymencie średnic Ø90 ÷ Ø500 mm. Na rysunkach przekroju podłużnego (profil podłużny kanału lub rurociągu) należy nanieść kanał lub rurociąg według rzędnych projektowanych z zaznaczonymi znakami uzbrojenia (studnie, zasuwy, hydranty, płuczki, studnie inspekcyjne, przewietrzaki i wszelka inna armatura przewidziana dla sieci lub kanału), w tym miejsca podłączeń – rozgałęzień innych sieci lub kanałów. Wskazane byłoby, aby taki przekrój był uzupełniony warunkami hydrogeologicznymi w sytuacji, gdy kategoria geotechniczna wykracza poza klasę I (punkt 15.1. niniejszego opracowania). Należy jednocześnie zdawać sobie sprawę, że błędy popełnione podczas trasowania sieci (szczególnie sieci kanalizacyjnych) mogą nie dawać możliwości poprawy rozwiązania bez wykonania albo budowli dodatkowej (pompowni) lub uciążliwej, systematycznej eksploatacji (np. czyszczenia, lub co gorsza, okresowego odmulania kanału).

9.4. Przekroje poprzeczne kanałów

Przekroje rurociągów w sieciach wodociągowych są w zdecydowanej większości kołowe. W przypadku sieci kanalizacyjnych przekroje kanałów stanowią rozmaite odmiany przekrojów kołowych oraz zbudowanych na bazie koła (jajowe, dzwonowe, gruszkowe). Rurociągi z tworzyw sztucznych, z racji technologii produkcji oraz ich lekkości, w odniesieniu do przenoszenia obciążeń zewnętrznych, jak i uzyskania dobrej sztywności obwodowej są o przekroju kołowym. Przekrój kołowy jest również praktyczny z racji określania go jednym wymiarem – średnicą (pozostałe przekroje dwoma wymiarami i dodatkowo literą lub literami). Z hydraulicznego punktu widzenia kanały o przekroju kołowym są optymalne, z uwagi na wielkość przepływu (wraz z jajowymi). Pod względem posadowienia w przestrzeni wykopów, odnosząc się do innych sieci usytuowanych w ciągach jezdnych lub pieszych, ustępują kanałom o przekroju „jajo podwyższone". Z uwagi na prowadzenie robót związanych z podłożem, zasypką, a także ze względu na zabudowę wszelkiego dodatkowego wyposażenia (studnie, płuczki, pompownie wywietrzaki itd.) są najlepszym rozwiązaniem dla sieci kanalizacyjnych i to zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych. Ponadto kanały kołowe są najłatwiejsze do stosowania w technologiach bezwykopowych. Stosuje się je w bardzo szerokim zakresie średnic. Jeżeli napełnienie jego wynosi 70 ÷ 80%, to charakterystyka hydrauliczna przekroju kołowego jest najlepsza ze wszystkich przekrojów. Kanały kołowe są przewidywalne, co do swojej przepustowości na danym odcinku o określonym spadku, z uwagi na możliwość uzyskania jednorodnej szorstkości wewnętrznej rury, szczególnie dla kanałów z tworzyw sztucznych (PVC, PE czy PP). Stąd jako materiał są polecane do wszystkich rodzajów sieci kanalizacyjnych.

9.5. Obliczenia hydrauliczne kanałów

Obliczenia hydrauliczne przekrojów kanałów w kanalizacji grawitacyjnej polegają na wyznaczeniu wymiarów kanałów, określeniu napełnień ściekami, bądź wodami i prędkościami przepływu. Obliczanie przeprowadza się na poszczególnych odcinkach sieci, między węzłami. Przepływ ścieków (wody) w przekroju obliczeniowym można określić z zależności:

$$Q = V \cdot F$$

gdzie:

V – średnia prędkość przepływu w m/s,

F – powierzchnia czynna przekroju w m^2,

przy czym występują dodatkowe zależności, w których prędkość (V) pozostaje w funkcji spadku (i) natomiast wypełnienie (h) pozostaje również w funkcji spadku podłużnego (i). W hydraulicznych obliczeniach założenie niezmienności natężenia przepływu medium jest niezwykle rzadko spełnione. Przyjmowana prędkość V jest prędkością średnią w przekroju, obliczoną z ilorazu przepływu Q przez powierzchnię przekroju strumienia F. Prędkość rzeczywista, ze względu na przekroczenie prędkości krytycznej obliczonej z liczby Reynoldsa sprawia (pokazuje), że w przekrojach kanalizacyjnych odbywa się ruch burzliwy. Zależności między przepływem, prędkością, wymiarami i stratami na opory dla ruchu burzliwego określana jest najczęściej wzorem Manninga:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \qquad (m/s)$$

$$Q = V \cdot F = \frac{1}{n} R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot F \qquad (m^3/s)$$

gdzie:

V, F – oznaczenia jw.,

$R_h = \frac{F}{u}$ – promień hydrauliczny równy stosunkowi powierzchni przekroju czynnego kanału (F) do obwodu zwilżanego (u) (w metrach),

i – straty jednostkowe na opory, odpowiadające:

- spadkowi dna kanału przy przepływie cieczy o swobodnym zwierciadle (w kanałach nie wypełnionych),
- spadkowi linii ciśnień przy pracy kanałów pod ciśnieniem,

n – współczynnik zależny od chropowatości ścian (dla kanałów przyjmuje się n = 0,013 niezależnie od materiału).

W warunkach polskiej praktyki projektowej przyjął się formalnie prezentowany wyżej wzór Manninga, nadający się zarówno dla kanałów otwartych (pracujących grawitacyjnie), jak i pod ciśnieniem. Dyskusje wokół wzorów stosowanych w obliczeniach hydraulicznych w aspekcie współczynnika szorstkości omijają niejako formułę Manninga, gdyż zalecany dla tworzyw sztucznych współczynnik k = 0,1 mm – odpowiada n = 0,010 dla wzoru Manninga, stąd posługiwanie się nomogramami (załącznik Nr 1) w przypadku wymiarowania rurociągów PVC, PE i PP jest uzasadnione. Załącznik nr 1 stanowi trzyczęściowy nomogram złożony z dwóch skal bocznych (do odczytywania spadków oraz do odczytywania prędkości) oraz skali centralnej przepływów wraz ze skalami prędkości i spadków. Są to praktycznie dwa nomogramy złożone w jeden, dające możliwość odczytu wszelkich parametrów hydraulicznych kanału dla danej

sytuacji. Dokładność odczytu zależy jednak od jakości wydruku, stąd lepiej korzystać z tablic opracowanych na podstawie wzoru Manninga (o czym dalej). Jako podstawowe wzory do hydraulicznego obliczania kanałów ściekowych otwartych i zamkniętych (w tym całkowicie wypełnionych) można byłoby zaprezentować cały szereg znanych formuł, jak Chezy'ego, Kuttera, w/w Manninga (nadal stosowany przy wymiarowaniu kanałów dużych średnic), Forchheimera czy wreszcie Colebrooka-White'a najbardziej odpowiadający wymiarowaniu kołowych przewodów kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych. Ta ostatnia formuła jest obowiązująca wg aktualnej normy PN-EN 752:2008 (wersja angielska) i ma postać:

$$Q = 6{,}954/g \left(\frac{0{,}737}{d\sqrt{dI_E \cdot 10^{-6}}} + \frac{k}{3{,}71d} \right) d^2 \sqrt{d \cdot I_E} \qquad (m^3/s)$$

gdzie:

d – średnica wewnętrzna rury (m),

I_E – spadek hydrauliczny (strata energii na jednostkę długości – wielkość bezwymiarowa),

k – współczynnik chropowatości hydraulicznej rury (m) przyjmowany dla rur z tworzyw sztucznych następująco:

- dla wody – k = 0,05 mm,
- dla ścieków z małą zawartością wleczonych osadów mineralnych – piasku (np. ścieki bytowo-gospodarcze i/lub przemysłowe) – k = 0,25 mm,
- dla ścieków z dużą zawartością wleczonych osadów mineralnych (np. ścieki deszczowe) – k = 0,40 mm.

Według ATV-A110 do wymiarowania przewodów ściekowych i kanałów tranzytowych, działających pod ciśnieniem, zaleca się przyjmować uśrednioną wartość współczynnika chropowatości na poziomie k = 0,25 mm. Powyższy wzór, w zależności od autorów analizujących jego postać, waha się w pewnych przedziałach, gdy chodzi o przekształcenia i połączenia wzorów Darcy-Weisbacha. Ze względu jednak na skomplikowaną postać wzoru opracowuje się nomogramy dla całkowicie wypełnionych rur o produkowanych średnicach wewnętrznych lub przy minimalnych różnicach średnic, wykonane na podstawie tego wzoru dla różnych wartości chropowatości bezwzględnych wewnętrznych ścian oraz temperatury $+10^0$C. Biorąc pod uwagę dokładność i czytelność nomogramów, ogranicza się zakres natężeń i prędkości przepływu oraz jednostkowych spadków ciśnienia do praktycznie spotykanych wartości. W przypadku formatowania nomogramów do obliczeń przepływów najbardziej dyskusyjnym elementem wzoru Colebrooka-White'a, na którym są oparte siatki wykresów, jest szorstkość kanałów. Inaczej proponuje współczynnik szorstkości niemieckie stowarzyszenie ATV (jw.), inaczej wielcy

producenci rur z tworzyw sztucznych, m.in. InstalPlast Łask. Wartość współczynnika szorstkości (chropowatości) zastępczej dla rur produkowanych przez InstalPlast Łask powinny kształtować się następująco (tabela 3):

Współczynnik szorstkości dla rur z tworzyw sztucznych

Tabela 3

L.p.	**Rodzaj przewodu/materiał**	**Wartość współczynnika k** (mm)	**Nr załącznika** (nomogram do obliczeń)
1	*2*	*3*	*4*
1.	Kolektory tranzytowe z PVC (bez kanałów bocznych lub ich niewielkiej ilości)	0,25	2
2.	Kanały z bocznymi dopływami i uzbrojeniem (PVC)	0,40	3
3.	Kolektory tranzytowe PVC ø ≥ 400 mm	0,05	4
4.	Rurociągi z PE	0,01	5
5.	Rurociągi z PP	0,25	6
6.	Rurociągi drenarskie z PE	0,25	7
7.	Rurociągi ciśnieniowe dla wody	0,10	8

Dla w/w rodzajów przewodów/materiałów zostały opracowane nomogramy dla obliczeń hydraulicznych zgodnie z nr załącznika przedstawionych w tabeli 3.

W projektach, w których wymagane jest uwzględnienie miejscowych strat ciśnienia, szczególnie tam, gdzie dobiera się pompy w celu podniesienia dużych ilości wody lub ścieków na większe odległości, bądź znaczną wysokość należy korzystać ze wzoru:

$$\Delta h = \xi \frac{V^2}{2g}$$

gdzie:

Δh – strata ciśnienia (m),

ξ - współczynnik oporów miejscowych zależny od rodzaju przeszkody,

V – prędkość przepływu (m/s),

g – przyspieszenie ziemskie (m/s^2).

W innych przypadkach wielkość strat miejscowych rurociągów ciśnieniowych pracujących w danym systemie tłocznym można przyjmować jako 6 ÷ 10% strat na długości w przypadku instalacji rozległych, przy średnicy przewodu tłocznego Ø ≥ 150 mm lub 10 ÷ 15% w instalacjach małych – wewnętrznych.

Do obliczeń przewodów przy częściowym napełnieniu odcinka rurociągu z tworzyw sztucznych należy stosować wzór Bretting'a

$$\frac{q_n}{Q} = 0{,}46 - 0{,}5 \cos\left(\Pi \frac{h_n}{d_i}\right) + 0{,}04 \cos\left(2\Pi \frac{h_n}{d_i}\right)$$

gdzie:

q_n – natężenie przepływu częściowo napełnionego przewodu,

Q – natężenie przepływu przy pełnym napełnieniu przewodu,

h_n – wysokość częściowo napełnionego przewodu,

d_i – wysokość pełnego napełnienia przewodu,

$\frac{h_n}{d_i}$ - stosunek wysokości częściowego napełnienia do pełnego napełnienia przewodu,

$\frac{q_n}{Q}$ - stosunek wielkości natężeń przepływów dla różnych napełnień przewodu.

Warunki przepływu w przewodach zamkniętych, przy częściowym napełnieniu, są zróżnicowane i według formuł hydraulicznych najlepsze warunki przepływu daje się uzyskać przy wypełnieniach kanałów kołowych powyżej 80%. Dodatkowo takie wypełnienie z minimalną „poduszką" powietrza lub gazu, przy jednocześnie burzliwych warunkach przepływu, daje możliwość efektywnego przewietrzania sieci, tym bardziej, że studnie inspekcyjne w przewodach z PVC, PE czy PP są o znacząco mniejszej średnicy. Dlatego też swoistym uzupełnieniem załączników 2 ÷ 8 jest załącznik Nr 9, prezentujący krzywe sprawności przekroju kołowego, wyznaczające zależności pomiędzy przepływami i prędkościami. Nomogram obrazujący krzywe sprawności przekroju kołowego został oparty o formułę Thormanna, uwzględniającą wpływ tarcia pomiędzy zwierciadłem medium płynącym, a powietrzem wypełniającym pozostałą, nie zwilżoną część przekroju poprzecznego. Przy korzystaniu z nomogramu dla rzeczywistego spadku należy odnaleźć najbliższą średnicę mogącą „przepuścić" przepływ rzeczywisty i wychodząc z punktu przecięcia linii odpowiadającej wartości spadku oraz linii odpowiadającej przyjętej średnicy, odczytuje się wartość Q i V, odpowiadające stanowi całkowitego napełnienia rurociągu (zarówno dla nomogramu Manninga, jak Colebrooka-White'a). Z nomogramu sprawności, korzystając z zależności natężeń przepływów ($\frac{q_n}{Q}$), można odczytać stopień wypełnienia przekroju ($\frac{h_n}{d_i}$) oraz proporcje prędkości ($\frac{V_n}{V}$), co pozwala określić rzeczywiste napełnienie rurociągu, prędkość przepływu, odpowiadające jego spadkowi oraz istniejącemu obciążeniu hydraulicznemu.

Projektowanie systemu odwodnień drenażowych w ogólnych zarysach sprowadza się do ustalenia wielkości odpływu Q, a wielkość ta może pozostawać w funkcji:

- opadów atmosferycznych przy drenażu podziemnym płytkim, w gruntach przepuszczalnych,
- występowania wód gruntowych nad stropem gruntu nieprzepuszczalnego,
- miąższości warstwy nawodnionej, występującej w gruntach.

Przekroje sieci drenarskich mogą być obliczane z wykorzystaniem wzoru Chezy:

$$V = C\sqrt{R_h \cdot i}$$

z wykorzystaniem wzoru Kuttera:

$$C = \frac{100 + \sqrt{R_h}}{m + \sqrt{R_h}}$$

gdzie:

R_h – promień hydrauliczny przekroju kołowego $R_h = \frac{d}{4}$,

m – 0,27 ÷ 0,30 w zależności od wykonania starannego lub przeciętnego drenażu (optymalnie 0,29),

i – spadek rurociągu drenarskiego w ‰.

Można również korzystać z nomogramu do doboru średnic (załącznik Nr 10) lub korzystać z formuły:

$$d = 2{,}85\sqrt[5]{1/i\left(\frac{F \cdot q}{\Pi \cdot C}\right)^2}$$

gdzie:

$F \cdot q = Q$ – wielkość odpływu wody z odwadnianego terenu (dm^3/s),

C – jw.,

q – wielkość jednostkowego odpływu ($dm^3/s \cdot ha$) obliczona w oparciu o wielkość opadów lub

przyjęta wg normatywów drenowań systematycznych (wg tablic – drenaże rolnicze), bądź

obejmująca indywidualne obliczenia napływów wody gruntowej do drenaży w funkcji miąższości warstwy wodonośnej, współczynnika filtracji czy projektowanego obniżenia zwierciadła wody.

Należy przy projektowaniu drenaży wziąć pod uwagę fakt, że minimalna średnica wewnętrzna gałązki zbierającej wodę w drenażach winna oscylować w granicach 40 mm (4 cm).

Dla rur drenarskich karbowanych lub nacinanych w celu uzyskania perforacji (rury z PVC), dla obliczenia strumienia ścieków przepływających przez rurę całkowicie napełnioną można stosować wzór Prandtla-Colebrook'a w postaci:

$$Q = \frac{\Pi d^2}{4}[-2 \cdot \log(\frac{2{,}51V}{d\sqrt{2 \cdot g \cdot d \cdot i}} + \frac{k}{3{,}71}) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot d \cdot i}\,]$$

gdzie:

Q, k, d, V, i – jak we wzorach podanych wyżej.

Przy założeniu współczynnika szorstkości k = 2,0 mm można korzystać z nomogramu (załącznik Nr 11).

W drenowaniu systematycznym użytków rolnych nie oblicza się średnic sączków, a zakres średnic winien wahać się w przedziale 50 ÷ 250 mm w zależności od wielkości przepływu ustalonego wg obowiązującej normy branżowej wymiarowania zbieraczy, przy przyjmowaniu wielkości odpływu z dokładnością 0,05 $dm^3/s \cdot ha$ (norma do zastosowania BN-89/9191-16/06).

Wymiarowanie przewodów kanalizacji wewnętrznej dla ścieków sanitarnych (gospodarczo--bytowych) polega na określeniu średnicy i niezbędnych spadków dla zapewnienia odpowiedniej prędkości przepływu oraz napełnienia (nie więcej niż 50% wypełnienia średnicy). Średnice podejść pojedynczych i/lub zbiorowych oraz przewodów pionowych ustala się na podstawie wartości sumy równoważników odpływu ze wskazaniem na dany rodzaj przyboru (np. WC – przewód minimum Ø 100 mm). Średnice przewodów odpływowych można ustalić na podstawie wyżej prezentowanego wzoru Chezy, gdzie:

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$$

Dla ułatwienia projektowania można korzystać z nomogramu zamieszczonego w załączniku Nr 12.

Dla rur korugowanych w zakresie średnic Ø 200 mm ÷ Ø 600 mm należy stosować monogram w załączniku Nr 13, a przy większych średnicach można posiłkować się monogramem zamieszczonym w załączniku Nr 5.

9.6. Prędkości przepływu i spadku kanałów

Prędkości przepływu ścieków w przydennych obszarach (przekrojach) rurociągów powinny być takie, aby zapewnić transport osadów wleczonych po dnie, ale również wymywanie i transport

osadów, które zsedymentowały na dnie kanału podczas występowania w czasie mniejszych niż nominalne natężeń przepływu. Taka prędkość wywołująca zjawiska transportu osadów wleczonych, wymywanie i transport osadów zalegających, nosi nazwę prędkości samo-oczyszczającej rurociągi sieci kanalizacyjnej. Transport osadów wleczonych i odspojonych od dna odbywa się w kierunku oczyszczalni ścieków, a więc w sposób proekologiczny. Wskazane byłoby, aby prędkości samooczyszczania występowały nawet przy minimalnych przepływach i minimalnych napełnieniach. W odniesieniu do czasu występowania przepływów oczyszczających sieć, do czasów, kiedy te przepływy są niższe, trudno jest określić taki parametr z uwagi na działanie okresowe sieci kanalizacyjnej (kanalizacja deszczowa), bądź sporadycznie występujące duże przepływy ścieków (kanalizacja ogólnospławna). Stąd prędkość samooczyszczającą, szczególnie w odniesieniu do rur z tworzyw sztucznych, można zapewnić (uzyskać), jeżeli opór tarcia wyrażony stycznymi naprężeniami ścinającymi pomiędzy ścianką rury i ściekami będzie większy niż τ_{min} = 0,150 kG/m^2 w odniesieniu do ścieków deszczowych oraz większy niż τ_{min} = 0,225 kG/m^2 dla ścieków gospodarczo-bytowych i przemysłowych. Przyjmując, że średnie styczne naprężenie ścinające, występujące pomiędzy ścianką rurociągu, a płynącym medium, określa się według formuły:

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot i$$

gdzie:

γ - ciężar właściwy medium (kG/m^3),

R_h – promień hydrauliczny częściowo wypełnionego rurociągu (m),

i – spadek podłużny kanału,

to biorąc pod uwagę naprężenia ścinające minimalne, określone powyżej, należy określić minimalny hydrauliczny spadek dna kanału, przy przepływie grawitacyjnym stanowiącym przepustowość, na poziomie wypełnienia ok. 60% przekroju. W oparciu o wyżej zaprezentowany wzór w tabeli 4. przedstawiono spadki minimalne dla danego rodzaju kanalizacji.

Spadki minimalne w kanalizacjach

Tabela 4

Średnica wewnętrzna kanału (mm)	**Spadek minimalny** (‰)	
	Kanalizacja sanitarna (gospodarczo-bytowe + przemysłowe)	Kanalizacja rozdzielcza (deszczowa)
100*	8,1	6,0
150	5,4	4,0
200	4,1	3,0
225	3,6	2,7

300	2,7	2,0
315	2,3	1,7
400	2,0	1,5
450	1,8	1,3
500	1,6	1,2
600	1,4	1,0
800	1,0	0,8**
1000	0,8**	0,6**

* - rury kanalizacyjne o średnicy 100 mm (DN 110) są stosowane jedynie dla kanalizacji Indywidualnej;

** - spadki dopuszczalne przy bardzo starannym wykonaniu sieci – w praktyce nie powinien występować spadek mniejszy niż 1‰.

Przybliżony empiryczny wzór do wykorzystania przy określaniu spadków minimalnych ma postać:

$$i_{min} = \frac{100}{D} \text{ lub } \frac{1000}{d} \Rightarrow ‰$$

gdzie:

D – średnica (lub inny podstawowy wymiar kanału) w cm,

d – średnica (lub inny podstawowy wymiar kanału) w mm

(wzór obejmuje inne kształty kanałów).

W sytuacji realizacji obliczeń hydraulicznych z wykorzystaniem wzoru Manninga i odpowiadającemu temu wzorowi nomogramowi (załącznik Nr 1), wskazane jest wykorzystanie szczegółowych danych hydraulicznych zaprezentowanych w tabeli 5. dla przyjęcia minimalnych spadków przy prędkości samooczyszczania i/lub określenia optymalnej wielkości przepływu przy teoretycznym spadku i = 1‰.

Dane hydrauliczne do obliczeń kanałów kołowych o średnicach w przedziale 150 mm ÷ 500 mm przy założonym spadku 1‰ i/lub przy prędkości V_0 = 1 m/s dla częściowych napełnień wynikających z formuły Manninga n = 0,013 odpowiadającej k = 0,1 mm (dla rur z tworzyw sztucznych)

Tabela 5

Napełnienie h (cm)	**Przekrój f** (m^2)	**Obwód zwilżony U** (m)	**Promień hydrauliczny R_h** (m)	**Spadek i = 1‰**		**Prędkość V_0 = 1 m/s**	
				Q_0 (dm^3/s)	V_0 (dm^3/s)	Przepływ Q_0 (dm^3/s)	Spadek i (‰)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Ø 150 mm							
1	0,0005	0,078	0,006	0,04	0,080	0,5	139,3
2	0,0014	0,112	0,012	0,2	0,128	1,4	58,3

Napełnienie h (cm)	Przekrój f (m^2)	Obwód zwilżony U (m)	Promień hydrauliczny R_h	Spadek i = 1‰		Prędkość V_0 = 1 m/s	
				Q_0 (dm^3/s)	V_0 (dm^3/s)	Przepływ Q_0 (dm^3/s)	Spadek i (‰)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
3	0,0025	0,139	0,018	0,4	0,167	2,5	35,6
4	0,0038	0,163	0,023	0,8	0,197	3,8	25,5
5	0,0051	0,185	0,028	1,2	0,224	5,2	20,0
6	0,0066	0,205	0,032	1,6	0,245	6,6	16,4
7	0,0081	0,226	0,036	2,1	0,265	8,1	14,3
7,5	0,0088	0,236	0,037	2,4	0,270	8,8	13,5
8	0,0096	0,246	0,039	2,7	0,280	9,6	12,8
9	0,0110	0,266	0,042	3,2	0,294	11,0	11,8
10	0,0125	0,287	0,044	3,8	0,303	12,5	11,0
11	0,0139	0,308	0,045	4,3	0,308	13,9	10,6
12	0,0152	0,332	0,046	4,7	0,312	15,2	10,4
13	0,0163	0,359	0,045	5,0	0,308	16,3	10,6
14	0,0171	0,393	0,043	5,1	0,299	17,1	11,1
15	0,0177	0,471	0,037	4,8	0,270	17,7	13,5
Ø 200 mm							
1	0,0006	0,091	0,007	0,1	0,089	0,6	126,2
2	0,0017	0,129	0,013	0,2	0,133	1,7	55,3
3	0,0029	0,158	0,019	0,5	0,173	2,9	33,3
4	0,0044	0,185	0,024	0,9	0,202	4,4	24,4
5	0,0061	0,209	0,029	1,4	0,230	6,1	19,0
6	0,0078	0,230	0,034	2,0	0,255	7,8	15,3
7	0,0098	0,253	0,039	2,7	0,280	9,8	12,8
8	0,0118	0,274	0,043	3,5	0,299	11,8	11,2
9	0,0138	0,295	0,047	4,4	0,319	13,8	10,0
10	0,0157	0,314	0,050	5,2	0,330	15,7	9,2
12	0,0197	0,354	0,056	7,0	0,356	19,7	7,9
14	0,0236	0,398	0,059	8,7	0,369	23,6	7,4
16	0,0270	0,443	0,061	10,1	0,377	27,0	7,0
18	0,0297	0,504	0,059	11,0	0,369	29,7	7,4
20	0,0314	0,682	0,050	10,4	0,330	31,4	9,2
Ø 250 mm							
1	0,0007	0,100	0,007	0,1	0,089	0,7	126,2
2	0,0019	0,144	0,013	0,3	0,133	1,9	55,3
3	0,0033	0,177	0,019	0,6	0,173	3,3	33,3
4	0,0050	0,205	0,025	1,0	0,208	5,0	23,1
5	0,0067	0,231	0,030	1,6	0,235	6,7	18,1
6	0,0090	0,255	0,035	2,4	0,260	9,0	14,8
7	0,0113	0,279	0,041	3,2	0,289	11,3	12,0
8	0,0136	0,301	0,045	4,2	0,308	13,6	10,5
9	0,0158	0,321	0,049	5,2	0,326	15,8	9,4
10	0,0184	0,343	0,054	6,4	0,348	18,4	8,3
11	0,0207	0,362	0,057	7,5	0,360	20,7	7,7
12	0,0232	0,382	0,061	8,7	0,377	23,2	7,0
12,5	0,0245	0,393	0,063	9,4	0,385	24,5	6,7
15	0,0307	0,443	0,069	12,6	0,409	30,7	6,0
17	0,0354	0,485	0,073	15,0	0,425	35,4	5,5

Napełnienie h (cm)	Przekrój f (m^2)	Obwód zwilżony U (m)	Promień hydrauliczny R_h	Spadek i = 1‰		Prędkość V_0 = 1 m/s	
				Q_0 (dm^3/s)	V_0 (dm^3/s)	Przepływ Q_0 (dm^3/s)	Spadek i (‰)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
20	0,0421	0,554	0,076	18,4	0,436	42,1	5,3
22	0,0467	0,609	0,077	20,4	0,436	46,7	5,2
25	0,0490	0,786	0,063	18,8	0,383	49,0	6,7
Ø 300 mm							
1	0,0007	0,110	0,007	0,1	0,089	0,7	126,2
2	0,0020	0,151	0,013	0,3	0,133	2,0	55,3
3	0,0037	0,194	0,019	0,7	0,173	3,7	33,3
4	0,0057	0,225	0,025	1,2	0,208	5,7	23,1
5	0,0077	0,251	0,031	1,8	0,240	7,7	17,4
6	0,0101	0,278	0,036	2,7	0,265	10,0	14,2
7	0,0127	0,304	0,042	3,7	0,294	12,7	11,6
8	0,0150	0,325	0,047	4,7	0,319	15,0	10,0
9	0,0177	0,348	0,051	6,0	0,335	17,7	8,9
10	0,0206	0,369	0,056	7,3	0,356	20,6	7,9
11	0,0235	0,390	0,060	8,8	0,373	23,5	7,2
12	0,0264	0,411	0,064	10,3	0,389	26,4	6,6
13	0,0295	0,432	0,068	12,0	0,405	29,5	6,1
14	0,0322	0,450	0,072	13,5	0,421	32,2	5,6
15	0,0353	0,471	0,075	15,3	0,433	35,3	5,3
18	0,0443	0,531	0,083	20,6	0,464	44,3	4,7
21	0,0529	0,594	0,089	25,7	0,485	52,9	4,3
24	0,0607	0,665	0,091	29,9	0,492	60,7	4,1
27	0,0669	0,0791	0,085	31,5	0,470	66,9	4,5
30	0,0706	0,942	0,075	30,6	0,433	70,6	5,3
Ø 400 mm							
1	0,0009	0,129	0,007	0,1	0,089	0,9	126,2
2	0,0024	0,182	0,013	0,3	0,133	2,4	55,3
3	0,0044	0,223	0,020	0,8	0,179	4,4	31,1
4	0,0066	0,258	0,026	1,4	0,213	6,6	21,9
5	0,0091	0,290	0,032	2,2	0,245	9,1	16,6
6	0,0118	0,318	0,037	3,2	0,270	11,8	13,7
7	0,0148	0,346	0,043	4,4	0,299	14,8	11,2
8	0,0179	0,370	0,048	5,7	0,321	17,8	9,7
9	0,0210	0,394	0,053	7,2	0,343	21,0	8,5
10	0,0246	0,419	0,059	9,0	0,369	24,6	7,4
11	0,0284	0,443	0,064	11,0	0,389	28,4	6,6
12	0,0312	0,461	0,068	12,6	0,405	31,2	6,1
13	0,0354	0,485	0,073	15,0	0,425	35,4	5,5
14	0,0391	0,506	0,077	17,3	0,440	39,1	5,2
15	0,0430	0,527	0,082	19,7	0,459	43,0	4,7
16	0,0470	0,548	0,086	22,2	0,474	47,0	4,5
17	0,0511	0,569	0,090	24,9	0,489	51,1	4,2
18	0,0552	0,590	0,094	27,7	0,503	55,2	4,0
19	0,0587	0,607	0,097	30,0	0,514	58,7	3,8
20	0,0628	0,628	0,100	32,9	0,524	62,8	3,6
24	0,0786	0,708	0,111	44,2	0,562	78,6	3,2

Napełnienie h (cm)	Przekrój f (m^2)	Obwód zwilżony U (m)	Promień hydrauliczny R_h	Spadek i = 1‰		Prędkość V_0 = 1 m/s	
				Q_0 (dm^3/s)	V_0 (dm^3/s)	Przepływ Q_0 (dm^3/s)	Spadek i (‰)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
28	0,0945	0,796	0,119	55,5	0,588	94,5	2,9
32	0,1079	0,887	0,122	64,6	0,598	107,9	2,8
36	0,1190	0,998	0,119	66,4	0,588	119,0	2,9
40	0,1256	1,256	0,100	65,8	0,524	125,6	3,6
Ø 500 mm							
1	0,0010	0,144	0,007	0,1	0,089	1,0	126,2
2	0,0026	0,201	0,013	0,4	0,133	2,6	55,3
3	0,0049	0,249	0,020	0,9	0,179	4,9	31,1
4	0,0076	0,288	0,026	1,6	0,231	7,6	21,9
5	0,0102	0,322	0,032	2,5	0,245	10,2	16,6
6	0,0133	0,354	0,038	3,7	0,275	13,3	13,2
7	0,0167	0,384	0,044	5,1	0,303	16,7	10,9
8	0,0202	0,412	0,049	6,6	0,326	20,2	9,4
9	0,0241	0,438	0,055	8,3	0,352	24,1	8,1
10	0,0279	0,464	0,060	10,4	0,373	28,0	7,2
11	0,0321	0,489	0,066	12,7	0,397	32,1	6,4
12	0,0360	0,511	0,071	14,9	0,417	36,0	5,8
13	0,0409	0,537	0,076	17,9	0,436	40,9	5,3
14	0,0452	0,559	0,081	20,6	0,455	45,2	4,8
15	0,0497	0,580	0,086	24,5	0,474	49,7	4,5
16	0,0544	0,602	0,090	26,6	0,489	54,4	4,2
17	0,0592	0,624	0,095	30,0	0,506	59,2	3,9
18	0,0632	0,641	0,099	32,8	0,521	63,2	3,7
19	0,0682	0,663	0,103	36,4	0,535	68,2	3,5
20	0,0734	0,685	0,109	40,9	0,555	73,4	3,3
21	0,0787	0,707	0,111	44,3	0,562	78,7	3,2
22	0,0830	0,724	0,115	47,6	0,575	83,0	3,0
23	0,0884	0,746	0,118	51,3	0,585	88,4	2,9
24	0,0927	0,764	0,121	55,3	0,595	92,7	2,8
25	0,0982	0,785	0,125	59,7	0,608	98,2	2,7
30	0,1230	0,885	0,139	80,3	0,653	123,0	2,3
35	0,1467	0,990	0,148	99,9	0,680	146,7	2,2
40	0,1686	1,108	0,152	116,8	0,693	168,6	2,1
45	0,1862	1,248	0,149	127,4	0,684	186,2	2,1
50	0,1964	1,570	0,125	119,4	0,608	196,4	2,7

Z kolei prędkości spełniające warunek samooczyszczania sieci kanalizacyjnej, przy całkowitym napełnieniu kanału (w zasadzie przy wypełnieniu h/D ≥ 60%), powinny kształtować się następująco:

- w kanalizacji sanitarnej – V ≥ 0,8 m/s,
- w kanalizacji deszczowej – V ≥ 0,6 m/s,
- w kanalizacji ogólnospławnej – V ≥ 1,0 m/s.

Badania rurociągów z tworzyw sztucznych, związane ze ścieraniem się materiału ścianki, zwłaszcza w dolnym przekroju kanału, o grubości 0,5 mm z założoną eksploatacją 100 lat wykazały, że maksymalne prędkości przepływu ścieków, zawierające 150 g/m^3 lub więcej zawiesiny mineralnej powinny się wahać, w zależności od materiału (PVC, PE, PP), w przedziale 5,0 m/s ÷ 7,0 m/s. Stąd przyjęto, aby prędkość przepływu medium, traktowana jako bezpieczna eksploatacyjnie, nie przekraczała 5 m/s, wówczas maksymalne spadki podłużne kołowych przewodów z tworzyw sztucznych nie powinny być większe niż zaprezentowano w tabeli 6.

Największe dopuszczalne spadki przewodów kołowych przy prędkości maksymalnej dopuszczalnej – eksploatacyjnie bezpiecznej dla tworzyw sztucznych wynoszącej V = 5 m/s

Tabela 6

Średnica rurociągu (mm)	**Spadek podłużny kanału** (‰)
200	230
250	167
300	132
315	116
400	90
500	67
600	52
800	37
1000	27

W przypadku projektowania rurociągów drenarskich przepływy wody powinny odbywać się przy niewielkim napełnieniu, ale także przy małych prędkościach przepływu. Systemy drenarskie generalnie należy podzielić na systemy rolnicze i systemy przemysłowe (budowlane, drogowe, do odwodnień obiektów zrealizowanych, odciążające budowle oporowe).

Drenaże rolnicze, w zależności od usytuowania i stosunków wodnych mogą funkcjonować przez cały rok, ale w ciągu roku bywa kilkanaście lub kilkadziesiąt dni, gdy napełnienie systemu jest duże, a prędkości przepływu wody największe. Wtedy następuje usunięcie nagromadzonych osadów z rurociągów. Minimalne spadki rurociągów drenarskich są uzależnione od średnicy i wahają się od 1,5% do 3,0% dla średnic odpowiednio Ø 200 mm ÷ Ø 50 mm. W sytuacji, gdy drenaż został zlokalizowany na terenach, gdzie występują zagrożenia zamuleń, bądź zarastanie otworów wlotowych i rurociągów związkami żelaza dla w/w zakresu średnic rurociągów spadki powinny kształtować się w przedziale 2% ÷ 6%. Wartość spadków minimalnych skutkuje minimalnymi prędkościami przepływu wody w drenażach, które powinny, w zależności od rodzaju gruntu, wynosić:

- V ≥ 0,15 m/s w glebach zwięzłych i średnio zwięzłych,
- V ≥ 0,24 m/s w glebach pylastych i z zawartością związków żelaza przy zabezpieczeniu drenów geowłókniną o gramaturze do 100 g/m^2,
- V ≥ 0,35 m/s w glebach kurzawkowych, pylastych i mocno zażelazionych.

Z kolei maksymalne prędkości przepływu w drenażach nie powinny przekraczać wartości 1,0 m/s w glebach lekkich i 1,2 m/s w glebach średnich i ciężkich. Wartości maksymalnych prędkości w drenażach rolniczych skutkują zakresem spadków maksymalnych, które dla średnic rurociągów 50 ÷ 200 mm powinny zostawać w przedziale:

- 100% ÷ 15% dla gleb lekkich, glin piaszczystych i pylastych,
- 125% ÷ 16% dla gleb średnich i ciężkich.

W odniesieniu do drenaży przemysłowych powinny obowiązywać następujące zasady projektowania:

- prędkość minimalna przepływu wody w przypadku braku zanieczyszczeń mineralnych i/lub organicznych (dotyczy drenaży niepowierzchniowych) powinna wynosić powyżej 0,2 m/s,
- w przypadku, kiedy do drenażu są wprowadzane wody z odwodnienia powierzchniowego minimalna prędkość samooczyszczania powinna wynosić $V_{min} \geq 0,6$ m/s,
- prędkości maksymalne w rurociągach drenarskich nie powinny być większe niż 1,0 m/s.

Drenaż przemysłowy, z uwagi na ilość odprowadzanych wód, rodzaj drenażu, funkcję, poziom wód gruntowych, rodzaj gruntów itp. parametrów, może być zbudowany w przedziale średnic, jakie występują w odniesieniu do sieci kanalizacyjnych. Minimalną średnicą zalecaną dla tego typu drenaży jest DN 80.

W przypadku drenaży drogowych zakres prędkości przepływu wody powinien wahać się w przedziale 0,35 m/s ÷ 1,0 m/s. Natomiast wartości ekstremalne spadków drenów odwadniających zamieszczono w tabeli 7.

Wartości minimalne i maksymalne spadków podłużnych drenów odwadniających drogi

Tabela 7

Średnica drenu (mm)	**Spadek minimalny** (‰)		**Spadek maksymalny** (‰)
	gliny i iły	grunty pylaste	
1	*2*	*3*	*4*
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

9.7. Projektowanie sieci ogólnospławnej

Sieć ogólnospławna spełnia funkcję obydwu sieci rozdzielczych. Przepływ miarodajny jest zatem sumą maksymalnego (obliczeniowego) przepływu ścieków opadowych i ścieków komunalnych (gospodarczo-bytowych i przemysłowych). Sieć ogólnospławna składa się z kanałów bocznych, ze zbieraczy i kolektora głównego (zbieracza głównego). Sieć ogólnospławna powinna być projektowana zawsze jako sieć kanałów krytych. Kanały ogólnospławne pracować mogą pełnymi przekrojami w czasie intensywnych deszczów. W okresach bezdeszczowych siecią tą płyną jedynie ścieki bytowe i przemysłowe, stąd przekroje kanałów bywają wykorzystane w trakcie pogody suchej w niewielkiej części. Ponieważ kanałów sieci ogólnospławnej nie wymiaruje się na maksymalne natężenia deszczów, to należy się liczyć z okresowym przepełnieniem sieci i pracą pod ciśnieniem. Dlatego też na dalszych odcinkach takiej sieci stosowane są burzowce. Rurociągi z tworzyw sztucznych stosuje się dla kanałów bocznych i dla zbieraczy, rzadziej dla kolektorów głównych szczególnie, gdy wymagają one średnic powyżej 1000 mm.

Pod względem sanitarnym kanalizacja ogólnospławna spełnia całkowicie swoje zadanie, w finalnym jednak punkcie (przy zastosowaniu burzowców) zanieczyszcza odbiornik ściekami rozcieńczonymi, jak i nieczystościami spłukiwanymi z ulic. Pod względem ekonomicznym kanalizacja ogólnospławna jest najtańszym rozwiązaniem usuwania wszelkich rodzajów ścieków, pod warunkiem możliwości wykorzystania przekrojów poprzecznych kanałów prefabrykowanych (szczególnie kołowych). Prędkość przepływu ścieków w kanałach ogólnospławnych, przy całkowicie wypełnionym przekroju, nie powinna być mniejsza niż 1 m/s, odpowiadające temu spadki zamieszczono w tabelach 4 i 5. Najmniejszą średnicą dla kanalizacji ogólnospławnej jest 300 mm, jednakże przy spadkach podłużnych większych niż 1% dopuszcza się przyjmowanie średnicy 250 mm. W ramach wewnętrznej kanalizacji ogólnospławnej stosowane średnice powinny być $\geq$ 150 mm.

9.8. Projektowanie sieci półrozdzielczej

Kanalizacja półrozdzielcza to rodzaj kanalizacji sanitarnej i deszczowej (kanalizacja rozdzielcza), posiadającej wspólne punkty, łączące obydwie sieci, ale w takiej konwencji, że do sieci kanalizacji sanitarnej trafiają (przelewają się) początkowe ilości ścieków deszczowych wraz ze spłukanymi zanieczyszczeniami, zebranymi z ciągów pieszo-jezdnych, placów i parkingów (generalnie powierzchni utwardzonych). Kanalizacja półrozdzielcza zarówno urządzeniowo, jak i wysokościowo powinna być tak zaprojektowana, aby nie następował przepływ wsteczny, tj. od sieci kanalizacji sanitarnej do deszczowej. Kanalizacja półrozdzielcza daje dużą swobodę w kształtowaniu systemu odciążającego sieć deszczową, zapewnia bardziej efektywny sposób odprowadzania zanieczyszczeń do oczyszczalni z jednoczesnym zmniejszeniem obciążenia hydraulicznego, zarówno sieci, jak i urządzeń oczyszczających. Sieć kanalizacji półrozdzielczej jest jednak najdroższa, a jej optymalizacja, w odniesieniu do hydrauliki przepływu ścieków deszczowych, trudna, w sytuacji możliwej rozbudowy układu odwadniającego. Stąd praktycznie ten rodzaj sieci w Polsce nie bywa stosowany.

9.9. Uzbrojenie sieci kanalizacyjnych

Zastosowanie uzbrojenia na sieciach kanalizacyjnych powinno odpowiadać charakterystycznym wymaganiom dla odpowiedniego rozwiązania technicznego systemów, warunkom eksploatacyjnym sieci, a przy rozbudowie sieci (zwiększeniu zasięgu obsługi), możliwościom eksploatatora. Do podstawowych elementów uzbrojenia sieci zaliczyć należy:

- studzienki rewizyjne i inspekcyjne na kanałach,
- studzienki kaskadowe,
- przewietrzniki,
- płuczki kanałowe,
- zamknięcia kanałowe,
- wpusty deszczowe,
- syfony,
- śniegowce,
- separatory (hydrauliczne i do usuwania specyficznych substancji),
- zbiorniki retencyjne,
- regulatory odpływu,
- przepompownie ścieków.

W zasadzie wszystkie wyżej wymienione elementy sieci kanalizacyjnych są produkowane przez InstalPlast Łask lub można je skonstruować w oparciu o produkowany asortyment elementów towarzyszących z niewielkim uzupełnieniem o dodatkową galanterię z innego rodzaju materiałów. Na bazie produkowanych przez InstalPlast kinet można skonstruować różnej wielkości studnie kanalizacyjne, poczynając od inspekcyjnej Ø 315 mm czy Ø 400 mm, gdzie ich funkcja eksploatacyjna sprowadza się do oceny z powierzchni terenu prześwitu (drożności) lub prowadzenia prostych czynności eksploatacyjnych, do studni kontrolno-rewizyjnych o średnicy Ø 1000 mm lub Ø 1200 mm (specjalne zamówienie), z wykorzystaniem których można prowadzić wewnątrz sieci prace konserwatorskie i interwencyjne o szerokim zakresie. Pozostały asortyment rur i kształtek produkowanych przez InstalPlast Łask pozwala wykonać wszelkie inne rodzaje uzbrojenia sieci kanalizacyjnych (nawet zbiorniki retencyjne – baterie rur połączone ze sobą czy pompownie ścieków – korpusy). Generalnie, oprócz prowadzenia prac eksploatacyjnych na sieci i możliwości przeglądu (inspekcji) sieci, studzienki kanalizacyjne stosuje się:

- przy zmianach spadków kanału,
- przy zmianach kierunku przepływu,
- przy połączeniach lub rozgałęzieniach kanałów,
- na początku i końcu odcinków grawitacyjnych, przy zmianach średnic,
- na zakończenie odcinka tłocznego sieci kanalizacyjnej, wprowadzanego do sieci grawitacyjnej (tzw. studnia rozprężna).

Rozstaw studzienek kanalizacyjnych nie jest do końca jednoznacznie unormowany i zależy zarówno od lokalnych ustaleń gestora sieci kanalizacyjnej, jak głębokości położenia sieci, warunków gruntowych, rodzaju zabudowy, ilości ścieków itp. przesłanek. Należy przyjmować, że najdłuższy odcinek kanału, bez studzienki, nie może przekraczać 100 m. W warunkach miejskich studnie kanalizacyjne na kanałach nieprzełazowych (do 1000 mm) powinny być instalowane co 50 ÷ 75 m, natomiast w warunkach wiejskich co 35 ÷ 40 m.

Studzienki kaskadowe to rodzaj urządzenia stosowany na połączeniach kanałów dużych średnic z małymi przy różnicy poziomów posadowienia. Różnicę taką można technicznie rozwiązać poprzez przepad, bystrze (lub bystrotok) lub kaskadę, z wykorzystaniem elementów produkowanych przez InstalPlast Łask.

Przewietrzniki służą do wentylacji kanałów z powodów eksploatacyjnych. Są stosowane jako swoiste uzupełnienie sieci w przypadkach występowania kanałów w najwyższych punktach, na długich odcinkach sieci, bez studzienek inspekcyjnych lub kontrolno-rewizyjnych, bądź przyłączy (przez które mógłby się dokonywać proces wentylacji). Przewietrzniki, niezależnie od

rodzaju i formy wentylacji, powinny być na sieci co 35 ÷ 50 m. Typowe przewietrzniki występujące w formie urządzeń pełniących tylko tę funkcję można wykonywać z asortymentu elementów produkowanych przez InstalPlast Łask jako rodzaj przewietrzników „ślepych" lub „świetlnych".

Płuczki kanałowe, zamknięcia kanałowe, śniegowce, separatory hydrauliczne i separatory do usuwania specyficznych substancji można skonstruować w oparciu o elementy produkowane przez InstalPlast Łask, a służą one do:

- Płuczki kanałowe są to urządzenia instalowane w najwyższych punktach sieci i służące do hydraulicznego płukania kanałów poprzez gwałtowny (prawie natychmiastowy) zrzut znacznych ilości nagromadzonych ścieków (rzadziej wody), powodujący wymywanie (odspajanie) osadów na skutek uzyskania prędkości powyżej 2 ÷ 3 m/s.

- Zamknięcia kanałowe w postaci korków przenośnych lub stałych klap, zakładanych lub montowanych na wylotach kanałów rurowych służą do spiętrzania ścieków w celach przepłukania odcinków sieci lub okresowego wyłączenia odcinka w celu przeglądu – naprawy lub zabezpieczenia odcinka sieci (np. przyłącza) przed zatopieniem na skutek spiętrzenia ścieków (np. napływu wód deszczowych) w kanalizacji ogólnospławnej.

- Śniegowce to specjalnie ukształtowane studnie z pochylniami ślizgowymi do pozbywania się śniegu lub lodu, które można (na życzenie gestora sieci) montować na rurociągach o średnicy powyżej 800 mm.

- Separatory hydrauliczne to urządzenia do proporcjonalnego podziału strugi dopływających ścieków przez odpowiednie wykonanie kinety, w celu ich skierowania do np. drenażu rozsączającego.

- Separatory do usuwania specyficznych substancji, np. ropopochodnych, poprzez odpowiednią konstrukcję studni rewizyjnych oraz rur i kształtek można zrealizować z typowych elementów sieciowych, bez konieczności zakupu specjalnie dla tego celu produkowanych instalacji.

9.10. Zasady wysokościowej lokalizacji sieci w terenie podczas projektowania

Podczas lokalizacji wysokościowej sieci pod powierzchnią terenu jako podstawowe zasady należy rozważyć:

1) Minimalne zagłębienia kanałów, które są uwarunkowane koniecznością:

- dostosowania głębokości ułożenia kanału pod powierzchnią terenu do zagłębienia przykanalików,
- zachowania minimalnego przykrycia kanałów ze względu na głębokość przemarzania,
- uniknięcia kolizji z innymi sieciami uzbrojenia podziemnego.

Dla typowych warunków polskich zaleca się, aby minimalne zagłębienia kształtowały się następująco:

- kanalizacja sanitarna, bądź ogólnospławna – 2,5 m,
- kanalizacja deszczowa – 2,0 m.

Jednocześnie minimalne przekrycie kanałów nie powinno być mniejsze niż 1,6 ÷ 1,8 m, wyjątkowo na krótkich odcinkach dopuszcza się przekrycie na pograniczu strefy przemarzania (zależnie od rejonu kraju) w przedziale 0,8 ÷ 1,2 m.

2) Maksymalne zagłębienie kanałów – w zasadzie nie jest ograniczone i powinno uwzględniać analizę techniczno-ekonomiczną, wynikającą z optymalizacji wykonawstwa i eksploatacji sieci. Orientacyjnie należy przyjmować, że maksymalne zagłębienie rurociągów i kanałów nie powinno przekraczać 6,0 ÷ 6,5 m ppt.

3) Minimalne spadki kanałów – dotyczące w głównej mierze procesów samooczyszczania się sieci. Problem ten szczegółowo został rozważony w rozdziale 9.6. niniejszego opracowania.

4) Maksymalne spadki kanałów – które wynikają głównie z ograniczenia maksymalnej prędkości przepływu wody lub ścieków z uwagi na materiał przewodów, jak i konstrukcję i wyposażenie sieci. Problem ten szczegółowo został rozważony w rozdziale 9.6. niniejszego opracowania, a w tabeli 6. zostały podane spadki maksymalne dla prędkości przepływu V = 5 m/s (optymalnej dla rurociągów z tworzyw sztucznych) przy różnych średnicach kanałów.

Najlepszym sposobem prowadzenia sieci kanalizacyjnych jest dostosowanie się do spadku terenu (mniej więcej równoległość posadowienia), z zachowaniem w/w zasad. Jeżeli jest to niemożliwe, to należy stosować pompownie sieciowe lub studnie kaskadowe (przepady, bystrotoki).

9.11. Konstrukcje nietypowe na sieciach kanalizacyjnych

Na sieciach kanalizacyjnych w dużych jednostkach osadniczych oraz w przypadku realizacji kanalizacji ogólnospławnych są projektowane i realizowane specjalne lub nietypowe konstrukcje, takie jak:

- komory połączeniowe i rozgałęzieniowe,
- komory kaskadowe,
- skrzyżowania kanałów z różnymi obiektami inżynierskimi typu tunele lub dno rzeki.

To jedna grupa nietypowych obiektów, gdzie z reguły nie są stosowane przekroje kołowe do 1,0 m średnicy i to z tworzyw sztucznych. Dlatego też w tym opracowaniu nie są one rozpatrywane i jedynie, co warto zauważyć, to są one wykonywane jako instalacje murowane, betonowe lub żelbetowe.

Do nietypowych konstrukcji, które mogą być zrealizowane z tworzyw sztucznych zaliczyć należy:

- syfony,
- wyloty do odbiorników.

Syfony konstruuje się z jednego lub więcej przewodów pracujących pod ciśnieniem. Prędkości w rurach syfonowych, nawet podczas występowania minimalnych przepływów, powinny być większe od prędkości samooczyszczania, ale na tyle dobrane, aby nie dopuszczać do zbytniego zwiększania strat wysokości na pokonanie oporów i występowania z tego powodu zróżnicowanych poziomów cieczy (woda lub ścieki) przed i za syfonem. Schemat obliczeniowy takiego syfonu sprowadza się do ustalenia średnic rurociągów syfonowych, prędkości i wynikających z tego strat, co jest uwarunkowane rzędnymi wynikającymi z linii ciśnień (strat ciśnienia). Szczegółowe sposoby obliczeń hydraulicznych są zawarte w specjalnie do tego celu przygotowanych programach – „ręczny" sposób obliczeń jest żmudny, skomplikowany i wymaga dużej dokładności.

Wylotami do odbiorników są zakończone kolektory kanalizacyjne, odprowadzające sanitarne ścieki oczyszczone z oczyszczalni oraz podczyszczone ścieki deszczowe. Budowle wylotów powinny być usytuowane w kierunku przepływu wód odbiornika, pod kątem 30 lub 45^{o} do głównego nurtu (brzegowe) lub poniżej rzędnej NNW (najniższej niskiej wody) jako wyloty denne. Wyloty do odbiorników można realizować korzystając z rur z tworzyw sztucznych pod warunkiem mechanicznego ich zabezpieczenia przed lodem (krą) – wyloty brzegowe, bądź przed zamarznięciem (wyloty denne sieci kanalizacji deszczowej).

9.12. Optymalizacja w projektowaniu sieci wodociągowych i kanalizacyjnych

Procesy projektowania sieci wodociągowych i kanalizacyjnych obecnie można podzielić na metody tradycyjne zwane klasycznymi lub nowoczesne z wykorzystaniem programów, które uwzględniają zasady optymalizacji systemu wodociągowego, bądź kanalizacyjnego w aspekcie parametrów technologicznych, technicznych, spełnienia wymagań eksploatatora sieci oraz z uwzględnieniem kosztów realizacji – poczynieniem ewentualnych oszczędności. Korelacyjność elementów uwzględnianych podczas projektowania sieci nie zawsze przynosi najniższe koszty bezpośrednie realizacji, ale przy uwzględnieniu okresu eksploatacji (minimum 10 lat), per saldo suma kosztów realizacji i eksploatacji winna być najmniejsza, bądź do niej zbliżona. Metody tradycyjne projektowania (zwane też często „rzemiosłem") polegają na wykonaniu szeregu czynności związanych z posadowieniem kanału, uwzględniającego wszelkie przesłanki i parametry techniczne (przekrój, spadek, przyłącza, połączenia, kolizje) oraz warunki techniczne realizacji przedsięwzięcia zaproponowane przez gestora sieci, a także obliczenia hydrauliczne. Mając powyższe dane i wielkości rolą projektanta w istniejącej zabudowie i obecności niektórych sieci jest umieszczenie kanału zgodnie ze współrzędnymi X, Y (lokalizacja pozioma) oraz głębokością posadowienia Z (lokalizacja pionowa).

Proces optymalizacji ma za zadanie takie zaprojektowanie sieci, aby zaproponować rozwiązanie minimalizujące funkcję celu przy zachowaniu ograniczeń wynikających z obowiązujących przepisów i przyjętych założeń dotyczących propozycji i sprawdzenia modelu hydraulicznego przepływu ścieków w sieci. Za funkcję celu należy przede wszystkim brać sumę kosztów inwestycyjnych i sumę kosztów eksploatacyjnych (albo na okres 10 lat, albo na daleką perspektywę, odpowiadającą żywotności sieci). Proces optymalizacji sieci dla fazy urbanistycznej jest złożony i zależny od wielu czynników i nie ma powodu, aby go szczegółowo opisywać w niniejszym opracowaniu. Należy jedynie zwrócić uwagę, że udane rozwiązanie zadania optymalizacyjnego, czy to w ramach modelu uproszczonego (dla odcinka sieci), czy w ramach modelu pełnego (dla sieci projektowanej dla jednostki osadniczej, dzielnicy czy wydzielonego osiedla) w wielu punktach do sformatowania algorytmu, odnosi się do rodzaju materiału, asortymentu rur i kształtek, wynikających z tego parametrów technicznych, w tym wytrzymałościowych. Stąd tak bogaty asortyment rur, kształtek i dodatkowego wyposażenia oraz oprzyrządowania sieci produkowanej przez InstalPlast Łask.

9.13. Odwodnienia wgłębne dróg – sposoby obliczeń

Odwodnienia dróg, autostrad i ciągów jezdnych i pieszych sprowadzają się do odwodnienia powierzchniowego i odwodnienia wgłębnego. Odwodnienie powierzchniowe ma na celu możliwie całkowicie przejmować wody opadowe z nawierzchni utwardzonych, jak i specjalnych konstrukcji i odprowadzać je poza obszar drogowy dzięki zaprojektowaniu i wykonaniu dobrych warunków spływu powierzchniowego w kierunku urządzenia odwadniającego. Częścią drugą tego odwodnienia są urządzenia odwadniające, jak sieć kanalizacji deszczowej, podczyszczanie ścieków deszczowych i wyloty do odbiorników, co stanowi zakres instalacyjny typowej sieci zaprezentowanej w niniejszej pracy. W związku z powyższym nie ma powodu powtarzać w tym fragmencie pracy zasad projektowania klasycznych sieci kanalizacyjnych deszczowych.

Natomiast system odwadniania wgłębnego ma na celu przejęcie wód znajdujących się poniżej powierzchni terenu, które na skutek różnych czynników i zjawisk mogą znajdować się w gruncie i odprowadzenie ich poza obręb pasa drogowego. Odwodnienie wgłębne jest realizowane poprzez wykonanie drenażu płytkiego i drenażu głębokiego. Drenaż płytki występuje, gdy przewody drenarskie wbudowane zostają w warstwie ulepszonego podłoża (mrozoochronna lub warstwa odsączająca), co technicznie ma rzadko miejsce, bowiem częściej stosuje się warstwy filtracyjne żwirowe lub płaszczyznowe. Drenaż głęboki występuje wtedy, gdy przewody drenarskie wbudowane zostają w gruncie poniżej granicy jego zamarzania i tworzą ciągi w celu obniżenia zwierciadła wód gruntowych lub ujęcia wód z warstwy wodonośnej. Zadaniem drenaży głębokich jest zabezpieczenie nawierzchni drogi (dotyczy również torowisk) przed negatywnym wpływem wód gruntowych powodujących zawilgocenie terenu, podłoża pod nawierzchnią i nasypów, co skutkuje obniżeniem nośności całości konstrukcji. Poprawnie zaprojektowana niweleta drogi powinna zapewniać ochronę konstrukcji nawierzchni przed wodami gruntowymi w aspekcie jej nośności. **Zaleca się**, aby odległość poziomu zwierciadła wód gruntowych od najniższego punktu spodu konstrukcji nawierzchni (drogowej, kolejowej czy tramwajowej), zależnie od rodzaju podłoża, wynosiła jako minimum (h_1):

- 1,60 m w gruntach nieprzepuszczalnych,
- 1,10 m w gruntach o średniej przepuszczalności,
- 0,70 m w gruntach przepuszczalnych.

Jeżeli podane odległości nie mogą być spełnione, należy obniżyć poziom wody gruntowej stosując drenaże korony drogi lub nawierzchni tłuczniowych dla torowisk poprzez wykonanie drenaży wzdłużnych, w następujących wariantach rozwiązań:

- dla dróg jednojezdniowych dwa ciągi przy krawędzi nawierzchni lub dwa ciągi w osi rowu,

- dla dróg dwujezdniowych trzy ciągi: w pasie rozdziału jezdni (jeden ciąg) i w osi dna rowu (dwa ciągi),
- dla torowisk pojedynczych: w osi torowiska jeden pojedynczy ciąg,
- dla torowisk podwójnych – jeden ciąg w pasie rozdziału torów,
- dla większej ilości par torów – w zależności od potrzeb.

Projektując drenaż i znając lokalizację drenów oraz ich ilość należy obliczyć głębokość ich posadowienia H (licząc od spodu konstrukcji nawierzchni) według formuły:

$$H = h_1 + h_2$$

gdzie:

h_1 – wymagana odległość niwelety spodu konstrukcji nawierzchni drogi od poziomu obniżenia zwierciadła wody gruntowej według zaleceń (jw.),

$$h_2 = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{q_0}{k}},$$

gdzie:

q_0 – spływ jednostkowy do drenu w $m^3/d \cdot m^2$ rzutu poziomego odwadnianego pasa terenu według tabeli 8.,

k – współczynnik filtracji gruntów podłoża drogowego (współczynnik wodoprzepuszczalności) w m/d, wahający się w granicach $10^{-12} \div 10^{-2}$ (m/s).

Jednostkowe wartości spływu q_0 dla warunków polskich
przy spadkach terenu mniejszych niż 3%

Tabela 8

Średni roczny opad (mm/rok)	**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%**	
	$dm^3/s \cdot ha$*	$m^3/d \cdot m^2$	$dm^3/s \cdot ha$*	$m^3/d \cdot m^2$
1	*2*	*3*	*4*	*5*
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 750	0,65 ÷ 0,80	0,0056 ÷ 0,0069	0,80 ÷ 1,00	0,0069 ÷ 0,0086

* - interpolacja co 0,05 $dm^3/s \cdot ha$ (kolumny 2 i 4) i stosowne przeliczenie dla kolumn 3 i 5.

Wielkość spływu wyznacza się z klasycznej zależności:

$$Q = F \cdot q_0$$

gdzie:

F – powierzchnia zlewni obsługiwana przez dren (m^2),

przyjmując dodatkowe zasady, że:

- przy spadkach powyżej 3% terenu wartości zawarte w tabeli 7 można zmniejszyć nie więcej (maksymalnie) niż 20%,
- ciąg drenarski funkcjonuje bezciśnieniowo, nawet do 90% wypełnienia przekroju, a całkowita ilość wody zostanie z powierzchni zlewni odprowadzona za pomocą drenażu.

Średnicę drenażu można wyznaczyć ze wzoru:

$$D = \frac{0{,}36\sqrt[5]{F^2 \cdot {q_0}^2}}{C^{2/5} \cdot i^{1/5}}$$

Powyższy kształt i formuła wzoru zostały zaprezentowane w punkcie 9.5. opracowania i na tej bazie został wykonany nomogram Nr 10 dla doboru średnic, którym również można się posługiwać podczas wymiarowania ciągów drenarskich.

W przypadku projektowania drenaży skarpowych (drenaży skarp) sposób postępowania przy obliczaniu ilości zbieranych wód jest identyczny, jak wyżej. Kwestią w tych obliczeniach jest właściwe przyjęcie powierzchni, gdyż drenaże te można wykonywać w postaci sączków kamiennych na skarpie oraz drenażu zbierającego u podstawy skarpy lub prowadzenia sączków zbierających równolegle do podstawy skarpy, w określonych odległościach (powierzchniach), co bywa uwarunkowane ilością wód (wypełnieniem) ciągu drenarskiego. W podobny sposób są formowane i obliczane drenaże ochronne (dla terenów osuwiskowych), drenaże skarpowe, a nawet drenaże dla wałów przeciwpowodziowych od strony lądowej. System drenażowy składa się z wielu elementów takich, jak:

- rur drenarskich do zbierania wody (perforowanych),
- filtrów ziarnistych do gromadzenia wody,
- geowłóknin do utrzymania trwałości filtrów,
- siatek metalowych dających możliwość sformowania tzw. materacy filtracyjnych lub gabionów,
- rur odprowadzających (pełnych) do transportu wody,
- studni kontrolno-rewizyjnych i inspekcyjnych oraz osadnikowych do kontroli i eksploatacji systemu.

Najważniejszym elementem z tego zestawienia są oczywiście rurociągi drenarskie, które powinny się charakteryzować:

- odpowiednią sztywnością przekroju poprzecznego, aby przenieść obciążenia statyczne i dynamiczne,
- przepustowością hydrauliczną osiągnięta przez gładką powierzchnię wewnętrzną,

- wytrzymałością na działanie wody pod ciśnieniem (z reguły nie wyższym niż 10 ÷ 20 m słupa wody).

Poza tym zalecane jest przy odwadnianiu i drenażach podziemnych wykonywanie całości systemu z wykorzystaniem studni, pełniących funkcję kontrolną, jak i podczyszczania odpływów, bądź utrzymywania drenaży w drożności poprzez zastosowanie studni osadnikowych. Główne elementy drenaży takie, jak rury drenarskie, rury odprowadzające wody drenażowe oraz wszelkiej funkcji studnie są produkowane przez InstalPlast Łask i stanowią trzon systemów drenażowych wszelkiego rodzaju.

9.14. Minimalne odległości sieci w przekroju drogi lub ulicy

Przewidywanie (projektowanie) i w wyniku tego układanie rurociągów w poziomie i w pionie przekroju drogi i/lub ulicy powinno być tak rozwiązane, aby nie spowodować szkód w istniejącym uzbrojeniu oraz fundamentach budowli. Przewody sieci kanalizacyjnych, ale także wodociągowych powinny być usytuowane zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02 marca 1999 r. w sprawie określenia warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43, poz.735 z późn. zmianami). Ponadto firmy zarządzające i eksploatujące sieci wodociągowe i kanalizacyjne wprowadzają swoje przepisy (warunki techniczne), które w niewielkim stopniu, ale jednak mogą się różnić od ustaleń Ministra, są to bowiem uprawnienia samorządowe. Dlatego też przed wykonywaniem projektów budowlanych lub budowlanych - wykonawczych na danym terenie administracyjnym warto zaopatrzyć się w szczegółowe wytyczne gestora sieci, ale również wystąpić o wydanie warunków technicznych dla konkretnego projektowanego przedsięwzięcia. Generalnie, przewody w gruncie należy układać w taki sposób, aby uniemożliwić w nich:

- zamarzanie wody w okresie zimowym,
- nadmierne nagrzewanie w okresie letnim,
- uszkodzenia pod wpływem dużego obciążenia zewnętrznego,
- negatywny wpływ innego uzbrojenia podziemnego.

Jeżeli nie stosuje się izolacji termicznej oraz środków zabezpieczających podłoże, które zabezpieczałyby przewód wodociągowy, bądź kanalizacyjny przed zamarzaniem, głębokość ułożenia rurociągów powinna być taka, aby przykrycie h_p mierzone od rzędnej projektowanego terenu było większe niż strefa przemarzania gruntu h_2 o około 0,4 m dla rur o średnicy ≤ 1000 mm. Minimalne odległości wodociągów od kanalizacji i vice versa powinny wynosić 1,5 m. Przewody

wodociągowe i kanalizacyjne winny być oddalone minimalnie o 2,0 m od przewodów światłowodowych oraz gazowych (nisko- i średniociśnieniowych), 0,8 m od kabli telekomunikacyjnych (czasami 0,5 m i energetycznych oraz 1,5 m od sieci ciepłowniczych. Minimalna odległość przewodów wodociągowych od fundamentów budynków, przy równoległym przebiegu sieci, powinna wynosić 2,5 m dla średnicy do 100 mm, 3,0 m dla średnic wodociągu w przedziale 100 ÷ 150 mm, natomiast dla przewodów o średnicach większych niż 150 m - 5 m.

9.15. Zasady projektowania kanalizacji w pasie drogowym

Projektowane przewody kanalizacji deszczowej, odwadniające daną drogę i przebiegające w pasie drogowym wymagają uzgodnienia, co do ich usytuowania, jak i warunków zabudowy, uzgodnień z właścicielem i przyszłym użytkownikiem, będącym najczęściej gestorem sieci kanalizacyjnej, istniejącej wokół projektowanej drogi. Jednocześnie niezbędne jest, w przypadku odprowadzania wód deszczowych do istniejącej infrastruktury komunalnej, uzyskanie właściwych warunków technicznych, odpowiadających możliwościom sieci, z zapewnieniem optymalnego odwodnienia drogi w nawiązaniu do opadu miarodajnego. Dla przewodów kanalizacyjnych, które są projektowane wzdłuż pasa drogi i pozostają związane z jej funkcją, powinny zostać zachowane minimalne odległości, mierzone między zewnętrznymi obrysami rurociągów lub obiektów (studni) w stosunku do innych mediów przesyłanych sieciami, przewodami itp.:

- 0,5 m od kabli telekomunikacyjnych i elektroenergetycznych niskiego napięcia,
- 0,75 ÷ 1,00 m od kabli elektroenergetycznych średniego napięcia,
- 1,00 m od osłon kanalizacji kablowej, słupów sieci elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych oraz osłon przewodów CO,
- 1,00 ÷ 1,25 m od kabli elektroenergetycznych wysokiego napięcia (powyżej 132 kV),
- 1,50 m od linii rozgraniczających i ogrodzeń,
- 2,00 m od innych przewodów kanalizacyjnych oraz wodociągowych,
- 2,50 m od krawędzi jezdni i drzew.

Natomiast, gdy przewody kanalizacyjne, bądź inne związane z tym urządzenia nie są powiązane z funkcją drogi i sposobem zagospodarowania terenów przyległych, to minimalne odległości, w zależności od rodzaju drogi, zaprezentowano w tabeli 9.

Odległości minimalne sieci kanalizacyjnych i innych urządzeń kanalizacyjnych w zależności od rodzaju drogi

Tabela 9

Rodzaj drogi	**Odległości minimalne sieci kanalizacyjnych i innych urządzeń kanalizacyjnych** (m)	
	Tereny zabudowane	**Tereny niezabudowane**
1	*2*	*3*
autostrada	30	50
ekspresowa	20	40
krajowa	10	25
wojewódzka	8	20
lokalna	6	15

Występujące w tym względzie odstępstwa wynikają z prowadzenia drogi w tunelu lub w estakadzie, bądź są indywidualnie uzgadniane, czego powodem mogą być również względy ekologiczne.

Obliczanie sieci kanalizacji deszczowej (systemów odwadniających drogi) jest przeprowadzane w klasyczny sposób, jak podano wyżej, nie mniej część parametrów technicznych do obliczeń hydraulicznych, która została przyjęta dla dróg odbiega od standardów. I tak, do obliczania średnic przewodów w aspekcie kryteriów bez zalania, przyjęto prawdopodobieństwo:

- 10% dla autostrad i dróg ekspresowych,
- 20% dla dróg krajowych,
- 50% dla dróg wojewódzkich,
- 100% dla dróg lokalnych, osiedlowych, dojazdowych, gminnych.

Średnica kolektora powinna być dobrana w taki sposób, aby:

- szybkość przepływu wody deszczowej w sieci była co najmniej na poziomie 0,5 m/s,
- spadki minimalne kolektorów deszczowych – 3% dla DN 200 ÷ DN 300 mm i 1% poczynając od DN 350 mm i więcej,
- średnice kolektorów zbierających: dla autostrad nie mniej niż DN 300 mm, dla innych dróg w terenach zabudowanych nie mniej niż DN 250 mm, natomiast w terenach niezabudowanych nie mniej niż DN 200 mm, przykanaliki nie mniejsze niż DN 150 mm,
- maksymalne spadki kanałów deszczowych: dla DN 150 mm ≤ 15%, dla DN 200 mm ≤ 10%, dla DN ≥ 250 mm spadek ≤ 8%.

Wpusty ściekowe powinny posiadać osadnik na części mineralne (przeważnie) o minimalnej pojemności 70 dm^3 i być zaprojektowane do obsługiwania powierzchni jezdni w taki sposób,

aby w przypadku występowania deszczy silnych lub nawalnych czas zalania jezdni nie był dłuższy niż 10 minut. Przepusty pod drogami małych cieków, rowów melioracyjnych czy spływających wód deszczowych można wykonywać również z rur produkowanych przez InstalPlast Łask (w obudowie ochronnej lub w konstrukcji ochronnej) i wówczas minimalne średnice winny być zgodne z tabelą 10.

Minimalne średnice przepustów

Tabela 10

Długość przepustu (m)	**Minimalna średnica wewnętrzna** (mm)			
	drogi krajowe i wojewódzkie	drogi lokalne, gminne i nieutwardzone	ciągi piesze i ścieżki rowerowe	linie kolejowe
1	*2*	*3*	*4*	*5*
do 10	600	400	250	800
od 10 do 20	900	600	400	800
ponad 20	1200	800	500	800

W przypadku realizacji przepustów dla małych cieków naturalnych należy obliczyć (uzyskać) charakterystyczne przepływy (od NNQ do WWQ) i obliczyć światło przepustu, uwzględniając występujący spadek, szorstkość dna i skarp za przepustem i ich budowę oraz występujące szykany.

10. WYTYCZNE TECHNICZNE DLA REALIZACJI SYSTEMÓW

10.1. Organizacja robót i prace przygotowawcze

Proces budowlany, w czasie którego materializuje się projekt, jest dość krótkim wycinkiem całego procesu inwestycyjnego, szczególnie w przypadku dużych przedsięwzięć i w głównej mierze zależy od organizacji wszelkich rodzajów robót, poczynając od prac konstrukcyjnych i budowlano-montażowych, a kończąc na pracach wykończeniowych, mając w środku realizacji prace instalacyjne. Ważnym elementem realizacji całości przedsięwzięcia są prace przygotowawcze, które można podzielić na te nie wchodzące bezpośrednio do wykonania przedsięwzięcia – najczęściej poprzedzające projektowanie, jak i podjęcie samej decyzji wykonania (planowanie, analiza ekonomiczna, zasadność i celowość przedsięwzięcia, źródła finansowania) oraz prace przygotowawcze bezpośrednio związane z przedsięwzięciem takie, jak: przejęcie placu budowy, jego zabezpieczenie i zagospodarowanie, wytyczenie geodezyjne obiektów z założeniem własnej osnowy geodezyjnej, usunięcie elementów urządzeń i obiektów przeszkadzających budowie,

gromadzenie materiałów budowlanych. Podjęcie części tych czynności praktycznie nie powoduje rozpoczęcia budowy, a może mieć znaczenie dla terminowości prac, jak i być dobrym wstępem dla właściwej organizacji na budowie.

10.1.1. Dokumentacja techniczna

Dokumentacja techniczna na budowę sieci wodociągowej, kanalizacyjnej, drenażowej lub odwodnieniowej (też zwanej drenażem) powinna być sporządzona na ogólnie obowiązujących zasadach, zgodnych z Prawem budowlanym, a także zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 maja 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. z 2013 r. Nr 0, poz. 1129). Dla uzyskania pozwolenia na budowę niezbędne jest wykonanie dokumentacji technicznej w fazie projektu budowlanego, składającego się z części opisowej, zawierającej ogólne dane o przedsięwzięciu, projektowe rozwiązanie sieci w aspekcie podstawowych obliczeń hydraulicznych, informacje i dane o charakterze i cechach istniejących i przewidywanych zagrożeń środowiskowych oraz rozwiązania zasadnicze wszelkich elementów wyposażenia instalacyjnego, jak i instalacji i urządzeń towarzyszących (pomocniczych – dodatkowych), a także z części graficznej. Część graficzna winna obejmować w odpowiedniej skali (1:500 lub 1:1000 – w wyjątkowych przypadkach) sytuację obszaru i przebieg na niej sieci, profile podłużne sieci, zawierające wszelkie dane techniczne przewodów i kanałów (przekrój, spadek, charakterystyczne rzędne, wymiary, odległości), układ z przyłączami.

Projekt budowlany, przed wydaniem pozwolenia na budowę, podlega uzgodnieniu i zatwierdzeniu i jeżeli spełnia wszystkie stawiane mu przepisami wymagania, Inwestor uzyskuje stosowne pozwolenie. Dla realizacji danego przedsięwzięcia niezbędny jest projekt wykonawczy, zawierający więcej szczegółów technicznych i rozwiązań, dlatego też praktycznie bardziej opłaca się realizować projekt budowlany - wykonawczy, który służy do uzyskania pozwolenia na budowę oraz wykonania danej inwestycji. Projekt ten uzupełnia praktycznie projekt budowlany o dokładne rozwiązania węzłów, kolizji czy przejścia przez inne obiekty, bądź instalacje.

10.1.2. Plac budowy i jego zagospodarowanie

Realizacja sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, drenażowych lub odwodnieniowych, to w głównej mierze przedsięwzięcie liniowe, gdzie plac budowy występuje niekiedy na znacznym odcinku (długości) o relatywnie minimalnej szerokości. Wyjątkiem od tej reguły są drenaże obszarowe (rolnicze) lub odwodnieniowe, występujące przy realizacji dróg i autostrad, w obrębie

jezdni, poboczy oraz skarp. Plac budowy sieci jest dość specyficznym terenem, często ulegającym przesunięciu (według systemu kroczącego) – zmiana lokalizacji bez przekazania do eksploatacji odcinka już zrealizowanego. W przypadku wykonywania wewnętrznych instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych placem budowy jest wnętrze budowli, w którym powinny znaleźć się pomieszczenia na składowanie części materiałów, warsztat pomocniczy czy tymczasowe biuro i/lub pomieszczenia socjalne wykonawców. Może również zachodzić konieczność (jak w przypadku sieci wyżej wymienionych) zorganizowania odrębnego zaplecza magazynowego, warsztatowego i socjalnego oraz służącego do pracy służb z kierownictwa budowy i nadzoru. Przed przystąpieniem do budowy sieci wodociągowych lub kanalizacyjnych wykonawca (kierownik budowy wraz ze swoimi podległymi pracownikami pionu technicznego) powinien wykonać następujące czynności:

- przejąć od inwestora aktualny projekt budowlany, a najlepiej projekt budowlany - wykonawczy,
- uzyskać od służb miejskich/gminnych, za pośrednictwem inwestora, charakterystykę stałych punktów wysokościowych – reperów z ich rzędnymi,
- bazując na reperach lub reperze „państwowym" wytyczyć – założyć własną osnowę punktów wysokościowych,
- wykonać (ustalić) charakterystyczne punkty trasy, jak oś wykopu, zmiany kierunków, punkty uzbrojenia – hydranty, zasuwy, studnie kanalizacyjne kontrolne i inspekcyjne,
- ustalić miejsce składowania materiałów oraz drogi dowozu do strefy montażowej,
- wyznaczyć i ustawić pomieszczenia socjalne, biurowe, magazynowe,
- dostarczyć niezbędne media (woda, energia elektryczna).

Zgodnie z obowiązującymi przepisami i szczegółowymi wymogami służb technicznych obsługi dróg i ulic, plac budowy powinien być w sposób wyraźny i jednoznaczny wygrodzony i zabezpieczony dla ruchu (pieszego i jezdnego). Wykonana powinna być specjalna organizacja – zastępcza – tymczasowa ruchu pieszego i kołowego, za pomocą znaków drogowych, oświetlenia, barier drogowych, taśm ostrzegawczych, tymczasowych mostków przejściowych i przejazdowych. Miejsca montażu rurociągów mogą wymagać nawet ustawienia specjalnych namiotów, wentylacji tymczasowej czy odwodnienia, co może wymagać przyłączenia energii elektrycznej (siły). Na widocznym miejscu wykonawca jest zobowiązany umieścić tablicę informacyjną budowy, wykonaną z materiału trwałego o wymiarach 90 x 70 cm, zawierającą wszelkie niezbędne informacje o rodzaju budowy, inwestorze, osobach - uczestnikach budowlanego procesu

inwestycyjnego, jak i telefony alarmowe. Bardziej szczegółowe informacje z zakresu merytorycznego tego rozdziału można znaleźć w szczegółowych poradnikach budowlanych.

10.1.3. Zatrudnienie

Ilość zatrudnionych osób przy robotach budowlano-instalacyjno-montażowych sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, drenażowych bądź odwodnieniowych jest uzależniona od wielkości zakresu budowy, sposobu montażu sieci i armatury, czasu przeznaczonego na budowę i rodzaju posiadanego sprzętu, w tym szczególnie do prac ziemnych, jak i realizacji i zabezpieczenia wykopów. Należy wziąć pod uwagę fakt, że realizacja w/w sieci w ramach robót instalacyjno-montażowych z rur i kształtek wykonanych z tworzyw sztucznych wymaga zatrudnienia mniejszej ilości pracowników, niezależnie od sposobu prowadzenia operacji jednostkowych łączenia odcinków w system, w znaczący sposób zmniejsza czas wykonywania danego przedsięwzięcia i wymaga zaangażowania mniejszej ilości jednostek urządzeń i maszyn. Operacje związane z montażem sieci w samym wykopie, w punktowej części prowadzenia prac wymagają 3 lub 4 osób, w zależności od rodzaju stosowanych połączeń. Generalnie, wielkość zatrudnienia ustala kierownik budowy, w zależności od w/w zakresu pracy. Należy jednocześnie wziąć pod uwagę tzw. trudności realizacyjne, jak niekorzystne warunki gruntowo-wodne, które często powodują konieczność zwiększenia obsady pracowniczej. Całość zatrudnienia zależy jednak od wielu czynników, zarówno wynikających z warunków naturalnych, jak i określonych przez realizatora (wykonawcę).

10.1.4. Sprzęt podstawowy i specjalistyczny powszechny

W trakcie całej realizacji przedsięwzięć związanych z budową sieci wodociągowych, kanalizacyjnych lub innych, w zależności od rodzaju prowadzonych prac jest używany różnorodny sprzęt podstawowy, jak i specjalistyczny powszechnego użytku. Poczynając od czynności związanych z wytrasowaniem sieci, gdzie są stosowane specjalistyczne przyrządy pomiarowe, jak niwelatory czy teodolity, ale również sprzęt prosty do trwałego oznaczania trasy przed wykopami, a kończąc na czynnościach montażowych, gdzie są zastosowane narzędzia pomocnicze i towarzyszące do przycinania rur, czyszczenia i frezowania końców bosych, urządzenia do wciskania rurociągów, wszelkiego rodzaju uszczelniaki i dobijaki, urządzenia do trasowania osiowego poszczególnych odcinków rurociągów, zestawy do klejenia rurociągów lub elektrooporowego zgrzewania, ale również proste maszyny dźwigowe, jak trójnogi czy hydrauliczne podnośniki o małej nośności (do 500 kg). Zestawy sprzętu podstawowego i specjalistycznego mogą być zróżnicowane, zarówno od rodzaju realizowanej sieci, wielkości frontu robót, ale także od możliwości sprzętowych wykonawcy. Należy przyjąć, że realizacja sieci

wszelkiego rodzaju z tworzyw sztucznych jest mniej wymagająca, co do zastosowania sprzętu ciężkiego i trudnego w eksploatacji, niż sieci wykonanych z żeliwa, kamionki czy ze stali. Nawet w sytuacjach prac bezwykopowych z udziałem tworzyw sztucznych jako materiału podstawowego, zakres zastosowanego sprzętu specjalistycznego jest bardziej przystępny rynkowo i finansowo dla wykonawcy niż realizacja takich robót w innych technologiach.

10.1.5. Pomiary

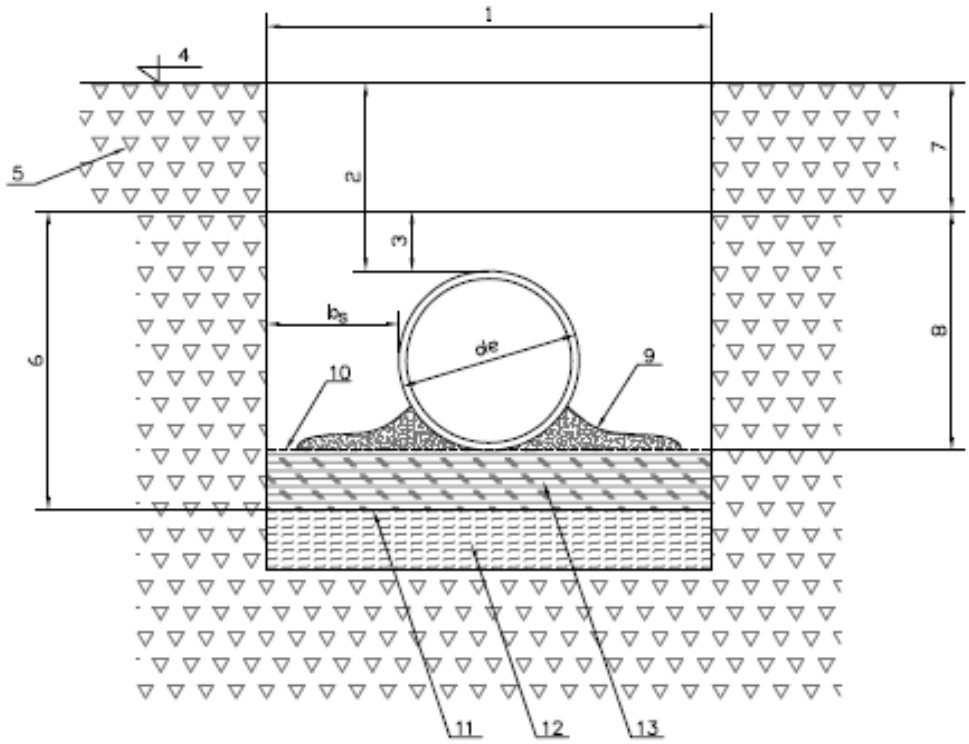
Projektowane trasy przewodów wodociągowych, kanalizacyjnych lub innych, ale także usytuowane na sieci budowle, armatura i inne wyposażenie powinny być trwale oznaczone i zabezpieczone, posiadając w projekcie powykonawczym nawet naniesione współrzędne geograficzne. Oznaczenia tras realizowanych powinny być dokonane poprzez wbicie kołków i świadków, a wzdłuż całej trasy sieci – systemu powinny znajdować się prowizoryczne repery oparte na bazie wykonanej osnowy, która z kolei powinna nawiązywać do reperu stałego (najlepiej minimum 2 szt. reperów dla trasy poniżej 1000 m), stanowiącego geodezyjną sieć państwową. W trakcie realizacji budowy sieci niezbędne jest wykonywanie przez upoważnione do tego celu osoby (posiadające uprawnienia geodezyjne) do stosownych pomiarów niwelacyjnych, tyczenia trasy, rozkładu trasy na odcinki i fragmenty w celu wyznaczenia punktów uzbrojenia sieci i odgałęzień, węzłów, studni kontrolno-rewizyjnych i różnych innych charakterystycznych dla sieci elementów. Pomiary niwelacyjne polegają na ustawieniu na określonym poziomie ław celowniczych nad wykopem oraz sprawdzeniu poziomu posadowienia w wykopie rurociągów i związanego z nimi uzbrojenia. Tyczenie trasy polega na nawiązaniu punktów charakterystycznych trasy do punktów wyznaczonych w terenie. Załamania trasy muszą wynikać z przecięcia dwóch osi i pomiarze kąta za pomocą teodolitu. Dokonywane pomiary geodezyjne powinny być ujęte w formie szkicu, a na koniec posłużyć do ponownego przemierzenia sieci i wykonania operatu geodezyjnego powykonawczego. Czynności związane z tyczeniem, pomiarami niwelacyjnymi, jak i wyznaczaniem charakterystycznych punktów trasy powinny znaleźć ślad w Dzienniku budowy, często nawet jako ogólny zapis z odesłaniem do szkicu. Przy budowie sieci grawitacyjnych (kanalizacja, drenaż, odwodnienia) szczególną uwagę należy skierować na pomiary i utrzymanie projektowanych spadków.

10.2. Roboty ziemne

Roboty ziemne związane z budową sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, drenażowych i odwodnieniowych z PVC, PE i PP powinny być prowadzone zgodnie z przepisami zawartymi w normach:

- BN-83/8836-02 Przewody podziemne. Roboty ziemne. Wymagania i badania przy odbiorze.
- PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Podział, nazwy, symbole i określenia.
- PN-B-10736 Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania.
- PN-B-06050:1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- PN-B-12042:1998 Drenowanie. Projektowanie rozstawu i głębokości drenowania na podstawie kryteriów hydrauliczno-hydrologicznych.
- PN-B-12089:1997 Drenowanie. Układanie sączków drenarskich. Wymagania i badania przy odbiorze.

Większość z wyżej cytowanych norm odpowiada budowie sieci z materiałów tradycyjnych, nie mniej szereg przepisów ma zastosowanie w budowie wodociągów i kanalizacji z PVC, PE i PP. Do istotnych właściwości mechanicznych rur z tworzyw sztucznych zaliczyć należy **moduł sprężystości** tworzywa. Właściwość ta powoduje, że układanie przewodów, szczególnie pracujących nie pełnym przekrojem (kanalizacyjnych, drenażowych i odwodnieniowych) sprawia, że pod wpływem obciążenia rurociągi podlegają pewnej deformacji. Dopuszczalna deformacja przekroju poprzecznego rury kanałowej określana jest na 4 ÷ 6% jej wysokości (według ATV A127P). Warunkiem odporności rurociągów na deformację przekroju poprzecznego jest odporność osypki ochronnej rurociągu, którą należy wykonać poprzez czynności polegające na zastosowaniu piasku drobno-, średnio- lub gruboziarnistego do należytego zagęszczenia w wysokości do 30 cm ponad rurociągiem. Ponadto ważne jest właściwe wykonanie zagęszczonej warstwy podsypki o grubości 10 ÷ 20 cm w taki sposób, aby dla rurociągu powstało gniazdo (w podsypce) pozwalające na osadzenie rury w granicach ¼ obwodu (90^0). Takie osadzenie rury sprawia, że deformacja rurociągu może być nieco większa i nie powoduje to zniszczenia – pęknięcia rurociągu. Metodyka robót ziemnych dla rurociągów pozostaje od strony technicznej w wymaganiach (przepisach) związanych z realizacją wykopów zgodnych z przepisami, ich zabezpieczenia przed zalaniem oraz odwadnianiem, takiego wykonania, aby była możliwość prowadzenia czynności montażowych oraz zapewnienie bezpieczeństwa osób pracujących wewnątrz wykopów. Klasyczny schemat układu rurociąg – wykop z użyciem materiałów gruntowych przedstawiono na rys. 1.



Opis
1. Szerokość wykopu, b
2. Głębokość przykrycia
3. Zasypka wstępna, od 100 mm do 300 mm
4. Powierzchnia terenu
5. Grunt rodzimy
6. Strefa ułożenia przewodu
7. Zasypka główna
8. Strefa rury – obsypka
9. Strefa pachwiny rury
10. Wyrównanie wykopu
11. Dno wykopu
12. Podłoże, jeśli jest wymagane
13. Podsypka, jeśli jest wymagana

Rys. 1. Usytuowanie rurociągu w wykopie i rodzaje materiałów gruntowych do zabudowy.

Przy projektowaniu i realizacji robót ziemnych związanych z budową dróg różnej klasy, ulic, parkingów i wydzielonych miejsc postojowych, należy przestrzegać zasad podanych w normie PN-S-02205. I tak:

- przewody kanalizacyjne układane są w podłożu drogi o 20 cm poniżej strefy przemarzania,
- w zależności od rodzaju gruntu oraz występowania wody gruntowej w strefie ułożenia przewodów kanalizacyjnych jest możliwe wykorzystanie gruntu rodzimego lub obcego, spoza miejsca budowy,

- w przypadku konieczności wymiany gruntu w warstwie ułożenia przewodu stosuje się piaski grubo-, średnio- lub drobnoziarniste o małej zawartości związków pylastych (< 5%) i organicznych,
- do zagęszczania gruntu w strefie ułożenia przewodów kanalizacyjnych lub odwodnieniowych należy stosować lekki sprzęt (zagęszczarki wibracyjne ręczne),
- wskazane jest stosowanie geowłóknin o różnych gramaturach dla wzmocnienia podłoża, zabezpieczenia warstwy filtracyjnej przed kolmatacją, zabezpieczenia drenów przed zanieczyszczeniem, spowodowania równomiernego rozkładu sił wyporu, przeciwdziałania naprężeniom spowodowanych naciskiem na grunt od obciążeń statycznych i/lub dynamicznych, ocięcia jednej warstwy od drugiej z powodu różnic właściwościowych gruntów.

10.2.1. Rodzaje wykopów

Dla potrzeb budowy systemów wodociągowych, kanalizacyjnych i innych z przewodów z tworzyw sztucznych (PVC, PE, PP) stosowane są wykopy ciągłe:

- o ścianach skarpowych bez obudowy, tzw. szerokoprzestrzenne,
- o ścianach pionowych, odeskowanych i rozpartych, tzw. wąskoprzestrzenne, często wykonane przy użyciu szalunków segmentowych.

Wybór rodzaju wykopów i zabezpieczeń ścian jest zależny od głębokości wykopu, warunków hydrogeologicznych oraz miejsca, jakie może być przeznaczone pod wykop.

Ściany wykopów nieszalowanych nie są zabezpieczone obudowami, a ich wykonanie jest praktycznie możliwe w sytuacji, gdy dno wykopu jest maksymalnie 25 ÷ 30 cm w gruncie nawodnionym. Oczywiście najlepiej jest, gdy dno wykopu pozostaje całkowicie ponad poziomem wód gruntowych. Ściany wykopu szerokoprzestrzennego (nieoszalowane) muszą mieć pochylenie odpowiednie do rodzaju gruntu, co sprawia, że występuje dobra stateczność ścian i nie zachodzą lokalne osuwiska gruntu do wykopu, nawet w sytuacji pobliskiego składowania (przy skarpach) nadkładu ziemi. W przypadku, gdy pod warstwą humusu o miąższości mniejszej niż 30 cm występują:

- żwiry i pospółki, to przy dowolnej głębokości wykopu pochylenie ścian powinno wynosić przynajmniej 1:1,5,
- przy piasku gruboziarnistym jw., pochylenie ścian powinno wynosić przynajmniej 1:1,7,
- a przy piasku drobnoziarnistym jw., pochylenie ścian powinno wynosić przynajmniej 1:2,0,
- w przypadku występowania iłów lub gliny do głębokości wykopu do 9,0 m można stosować pochylenie ścian przynajmniej 1:1,5,

- w przypadku występowania gruntów pylastych (powyżej 15% zawartości pyłów) do głębokości wykopu 6,0 m można stosować pochylenie ścian minimum 1:1,8, powyżej (przedział 6 ÷ 9 m) pochylenie ścian powinno wynosić 1:2,0.

Jednocześnie takie pochylenie skarp gwarantuje stateczność całego wykopu przy mechanicznym jego wykonywaniu do głębokości 4,0 m, jeżeli wykopy są głębsze należy wziąć poprawkę na stosowanie ciężkiego sprzętu do urobku gruntów.

Wykopy odeskowane (oszalowane) są obecnie realizowane z udziałem obudów systemowych (segmentowych) z rozparciem, praktycznie dla dowolnej głębokości. Specjalistyczne szalunki w znaczącej mierze są obudowami niejednokrotnie szczelnymi, przeciwdziałającymi powstawaniu stanów kurzawkowych (gdy nawodnienie w wykopie nie jest większe niż 1,5 m). Przy zwykłych segmentowych szalunkach ich stosowanie w gruncie nawodnionym z lokalnym odwodnieniem samego wykopu nie powinno być prowadzone głębiej niż 0,8 ÷ 1,0 m poniżej zwierciadła ustabilizowanego wody (zależnie od wielkości napływu i uplastycznianiu się gruntów). Szalunki pod realizację studni kanalizacyjnych kontrolno-rewizyjnych z uwagi na nieregularny kształt wykopu mogą być realizowane z użyciem drewna lub stalowych profili. Wszelkie wykopy szalowane powinny być zabezpieczone przed zalaniem wodami opadowymi poprzez wysunięcie ponad teren (o ok. 15 cm) obudowy szalunku i odpowiednie wyprofilowanie terenu przylegającego do wykopów.

10.2.2. Minimalne szerokości wykopów

Minimalna szerokość wykopu w świetle ewentualnej obudowy lub konstrukcji zabezpieczającej ściany powinna być dostosowana do średnicy rurociągu i wynosić, co najmniej 0,8 m dla średnicy 100 mm lub mniej. W takim wykopie rurociąg powinien być ułożony na tyle centralnie (w osi wykopu), aby odległość pomiędzy obudową wykopu, a zewnętrzną ścianką rury z każdej strony wynosiła minimum 30 cm. Przy montażu rurociągów na powierzchni terenu i opuszczaniu całych ciągów do wykopu jego szerokość nie powinna być mniejsza niż wymagana, szczególnie w wykopach bez obudowy – szalowanych. Minimalna szerokość wykopu otwartego uzależniona jest od średnicy zewnętrznej układanego przewodu oraz głębokości posadowienia tego przewodu. Wielkości minimalnych szerokości wykopów podano w tabeli 11 – zaczerpnięto z normy PN-EN 1610. Wartości te dotyczą możliwości realizacji prostych prac i kontroli szczelności, natomiast w sytuacji realizacji studni kontrolno-rewizyjnych na sieciach kanalizacyjnych czy zasuw dużych średnic, minimalna szerokość tego fragmentu wykopu będzie większa i powinien ją ustalić projektant lub kierownik budowy (np. w ramach BIOZ).

Minimalna szerokość wykopów

Tabela 11

Średnica nominalna rurociągu DN (mm)	**Minimalna szerokość wykopu (DZ + X)** (m)		
	Wykop obudowany*	Wykop nieobudowany	
		$\beta > 60^o$	$\beta < 60^o$
1	*2*	*3*	*4*
DN ≤ 225	DZ + 0,4	DZ + 0,4	DZ + 0,4
225 < DN ≤ 350	DZ + 0,5	DZ + 0,5	DZ + 0,4
350 < DN ≤ 700	DZ + 0,7	DZ + 0,7	DZ + 0,4
DN > 700	DZ + 0,85	DZ + 0,85	DZ + 0,4

DZ – zewnętrzna średnica przewodu (m),

β - kąt nachylenia ściany wykopu mierzony od poziomu,

* - dla wykopów obudowanych podane minimalne szerokości dotyczą wymiarów w świetle.

Minimalne szerokości wykopów zależą również od ich głębokości, co zaprezentowano w tabeli 12.

Szerokość wykopu w zależności od głębokości

Tabela 12

Głębokość wykopu H (m)	**Minimalna szerokość wykopu** (m)
H ≤ 1,0	nie określono wymagań
1,0 < H ≤ 1,75	0,80
1,75 < H ≤ 4,0	0,90
H > 4,0	1,00

10.2.3. Obudowy ścian wykopów i ich rozbiórka

Na terenach zabudowanych, niezależnie od rodzajów gruntów, wykopy o ścianach pionowych, o głębokości powyżej 1,0 m są zabezpieczone przed obsuwaniem się ziemi specjalnymi obudowami. Wynika to przede wszystkim także z konieczności zajęcia jak najwęższego pasa drogi. Materiał stanowiący obudowę ścian wykopu bywa wykorzystywany wielokrotnie. Jako obudowę ścian wykopu w postaci elementów poziomych stosowane są deski drewniane lub profile stalowe, które również mogą być stosowane jako elementy pionowe. Drewno w ostatnich latach, dla realizacji szalunków, jest stosowane coraz rzadziej ze względu na pracochłonność wykonania takich obudowań, jakkolwiek daje możliwość różnorodnego kształtowania wykopów z wykonaniem

luźnym (ażurowym) i różnymi rozbudowanymi fragmentami w celu, np. montażu armatury (więcej miejsca). Aktualnie są stosowane obudowy stalowe (czasami aluminiowe – do 3 m głębokości), umożliwiające wykonywanie wąskoprzestrzennych wykopów o praktycznie dowolnej głębokości. Odeskowanie, stosowanie luźnych profili oraz obudów stalowych segmentowych następuje stopniowo, w miarę głębienia wykopu, przy czym przestrzeń czasowo niezaszalowana w gruntach zwartych i średniozwartych nie powinna być większa niż 0,5 ÷ 0,7 m, a w gruntach luźnych 0,4 m. Po uzyskaniu takiej głębokości powinno nastąpić oszalowanie wykopu lub opuszczenie segmentu stalowego głębiej, przy wcześniejszym poluzowaniu śrub rozporowych i ewentualnym wciśnięciu obudowy głębiej. Podczas trwania robót montażowych powinno się codziennie, przed rozpoczęciem pracy sprawdzić sztywność rozpór czy to drewnianych, czy śrub rozporowych. Rozdeskowywanie wykopów lub usuwanie profili luźnych powinno następować z zachowaniem ostrożności, sukcesywnie z prowadzeniem zasypki i jej zagęszczaniem. Podobny tok postępowania należy przyjąć dla segmentowych obudów stalowych, dokonując sukcesywnie ich podnoszenia, zgodnie z instrukcją obsługi takich szalunków. Natomiast zasypywanie wykopów i zagęszczanie gruntów należy prowadzić zgodnie z zasadami zaprezentowanymi w rozdziale 10.2.5. niniejszej pracy i/lub wytycznymi projektanta, jeżeli dotyczy to rozwiązań indywidualnych – ponadstandardowych).

10.2.4. Odwadnianie wykopów

Wszelkie roboty montażowe przewodów sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, drenażowych i odwodnieniowych na stałe z rur z tworzyw sztucznych powinny być wykonywane w wykopach o normalnej wilgotności lub odwodnionych. W gruntach, gdzie poziom posadowienia instalacji przekracza 30 cm niezbędne jest jego odwodnienie. Odwodnienie gruntu prowadzone bywa następującymi metodami:

- powierzchniową – polegającą na pompowaniu wody bezpośrednio z wykopów za pomocą pomp elektrycznych lub spalinowych ustawionych na powierzchni wykopu lub przy większych (głębszych) wykopach ustawionych wewnątrz wykopu (najlepiej wówczas pomp elektrycznych),

- igłofiltrową – to ministudnie wpłukane do gruntu, o średnicy 5 ÷ 8 cm, połączone z kolektorami ssącymi, a te połączone z agregatem pompowym, wytwarzającym podciśnienie zasysające wodę do igłofiltrów,

- drenażu poziomego – polegającą na odprowadzeniu wody do studzienek czerpalnych, zlokalizowanych wzdłuż trasy danej sieci – woda ze studni jest usuwana za pomocą pomp,

- depresji – polegającą na odpompowywaniu wody i obniżeniu poziomu lustra wody za pomocą studni depresyjnych (rzadziej głębokich igłofiltrów),

- elektroosmozy – przeznaczona do osuszania gruntów mocno wilgotnych, polegająca na wprowadzeniu w grunt prętów aluminiowych i rur stalowych, pełniących rolę elektrod, które po doprowadzeniu prądu wywołują ruch cząsteczek wody od prętów do rur, którymi woda jest sprowadzana do zbiornika. Metoda ta jest bardzo rzadko stosowana do odwodnienia wykopów z różnych powodów technicznych oraz ekonomicznych.

Wybór metody odwadniania jest zależny od rodzaju gruntu, ilości wody, badań geologicznych (gruntowo-wodnych). Odwadnianie wykopów wymaga oddzielnego opracowania projektowego w formie projektu wykonawczego „odwodnienia na czas budowy", a także bardzo często uzyskania pozwolenia wodnoprawnego na czasowe odprowadzanie wód pochodzących z odwodnień na podstawie wykonanego operatu wodnoprawnego, który należy uzgodnić w Wydziale Ochrony Środowiska w Starostwach powiatowych dla otrzymania decyzji.

10.2.5. Zasypywanie rurociągów i zagęszczanie gruntu

Zasypywanie wykopów, w których zostały zamontowane instalacje wodociągowe lub kanalizacyjne, lub odwodnieniowe z rurociągów z tworzyw sztucznych jest bardzo ważną czynnością, wymagającą starannego wykonania. Szczególnie dotyczy to instalacji odwadniających i/lub drenaży filtracyjnych. Rury drenarskie należy otoczyć obsypką filtracyjną z odpowiednio dobranej warstwy kruszywa. Obsypkę filtracyjną należy przynajmniej od góry lub całkowicie otoczyć warstwą geowłókniny o gramaturze 40 ÷ 80 g/m^3 w celu przeciwdziałania kolmatacji (zanieczyszczaniu) złoża filtracyjnego, którego miąższość jako minimalną należy przyjąć w granicach 20 ÷ 30 cm. Dopiero po takich czynnościach przy instalacjach drenażowych i odwadniających można mówić o zasypywaniu rurociągów – wykopów. Przy zasypywaniu wykopu konieczne jest doprowadzenie gruntu nasypanego do możliwie maksymalnego zagęszczenia. Idealnym przypadkiem byłoby zagęszczenie gruntu do stanu pierwotnego, co jest praktycznie nieosiągalne. Zasyp przewodów w wykopie składa się:

- z warstwy ochronnej o wysokości 30 cm ponad wierzch rurociągu, którą powinno się usypać w minimum dwóch rzutach (rzut pierwszy do połowy średnicy przewodu, bądź do wierzchu i zagęszczanie, rzut drugi do wysokości 30 cm ponad wierzch rury i zagęszczanie), usypywanie winno być prowadzone prostopadle na rurociąg (bez użycia sprzętu typu spycharka) w celu przeciwdziałania odkształceniom osiowym. Warstwę ochronną

powinien stanowić grunt mineralny – piasek drobny lub średni, pozbawiony kamieni i grud (niezmarznięty). Zagęszczanie winno być wykonane ostrożnie, z podbiciem w pachach przewodu. Można wykonać taką warstwę ochronną etapami, z odsłoniętymi fragmentami połączeń rur (przed sprawdzeniem szczelności),

- z warstwy uzupełniającej do powierzchni wykopu, sypanej partiami, o miąższości 30 cm z zagęszczeniem. Warstwa pierwsza o grubości 30 cm spoczywająca na warstwie ochronnej powinna być sypana pionowo (bez użycia spycharek), pozostałe warstwy sypane dowolnie, z każdorazowym zagęszczaniem.

Zasypując wykop już ponad warstwę ochronną (zasyp minimum 0,5 m) należy zadbać o właściwy stopień zagęszczenia wymagany informacjami z dokumentacji technicznej. Optymalne zagęszczanie gruntu można zwiększyć poprzez nawodnienie warstwy zagęszczanej (za wyjątkiem pyłów, iłów i gliny), stosowanie mechanicznych zagęszczarek wibracyjnych czy stabilizację gruntu mineralnego cementem (z zagęszczaniem).

10.3. Układanie rurociągów (wodociągowych i kanalizacyjnych)

Operacje układania przewodów wodociągowych, kanalizacyjnych i drenażowych z PVC, PE i PP powinny być poprzedzone czynnościami wstępnymi, a przede wszystkim przygotowaniem pełnego asortymentu materiałów dla budowy danego odcinka odpowiadającego jednemu odcinkowi oraz kompletu narzędzi i sprzętu, aby taki odcinek zrealizować. Do budowy przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych z PVC i PP oraz PE mogą być stosowane tylko takie rury i kształtki, które nie wykazują uszkodzeń typu pęknięcia, wgniecenia czy wyraźne rysy na powierzchniach będące początkiem pęknięcia lub wyraźnie wskazujące na możliwość wystąpienia w niedalekiej przyszłości na skutek dodatkowego (synergistycznego), negatywnego działania czynników zewnętrznych, np. wibracje od ruchu samochodowego. Przewody, czy to kanalizacyjne, czy wodociągowe układane przy dużych spadkach (powyżej 10%) powinny być sukcesywnie zabezpieczane przed przesunięciem wzdłużnym, tzw. pełzaniem. Przewody z tworzyw sztucznych powinny być układane w temperaturze powietrza, w przedziale $0 \div +30^0$C (mając na względzie temperaturę w wykopie), natomiast połączenia z żeliwem, stalą czy kamionką, z udziałem kształtek przejściowych powinny się odbywać w temperaturach powyżej $+5^0$C. W przypadku rurociągów z PE o średnicach poniżej 225 mm rozkładanych ze zwojów, operację formowania systemu można prowadzić na powierzchni wykopu, a później partiami opuszczać

gotowy rurociąg. Czynności te można realizować w temperaturach od -20^0C do $+50^0$C. W przedziale tych temperatur zachodzące w rurach zmiany strukturalne nie mają istotnego wpływu na eksploatację rurociągów, nie mniej warunki prowadzenia czynności związanych z łączeniem za pośrednictwem zgrzewania doczołowego dla monterów są optymalne w temperaturach dodatnich. Rurociągi, niezależnie od systemu sieci, powinny być ułożone w osi projektowanego przewodu, z zachowaniem spadków i na całej długości powinny przylegać do przygotowanego i dobrze zagęszczonego podłoża.

10.3.1. Przygotowanie podłoża

Podłoża pod rurociągami stanowią dolną część obsypki strefy ochronnej rury przewodowej. W zależności od rodzaju gruntu na poziomie posadowienia kanału są stosowane różne rodzaje podłoża (A, B, C lub D):

A – to podłoże naturalne, o ile stanowią je grunty suche piaszczyste, z piasków drobnych, średnich lub grubych o zastępczej średnicy ziaren (d_{10}) w przedziale $0{,}05 < d_{10} < 2{,}00$ mm, nie zawierające kamieni. W tych warunkach rurociągi mogą być posadowione bezpośrednio na wyrównanym podłożu rodzimym, z wyprofilowaniem dna stanowiącym łożysko nośne rury.

B – to podłoże, gdzie dno wykopu stanowią skały, rumosze, wietrzeliny, piaski pylaste, gliny lub iły.

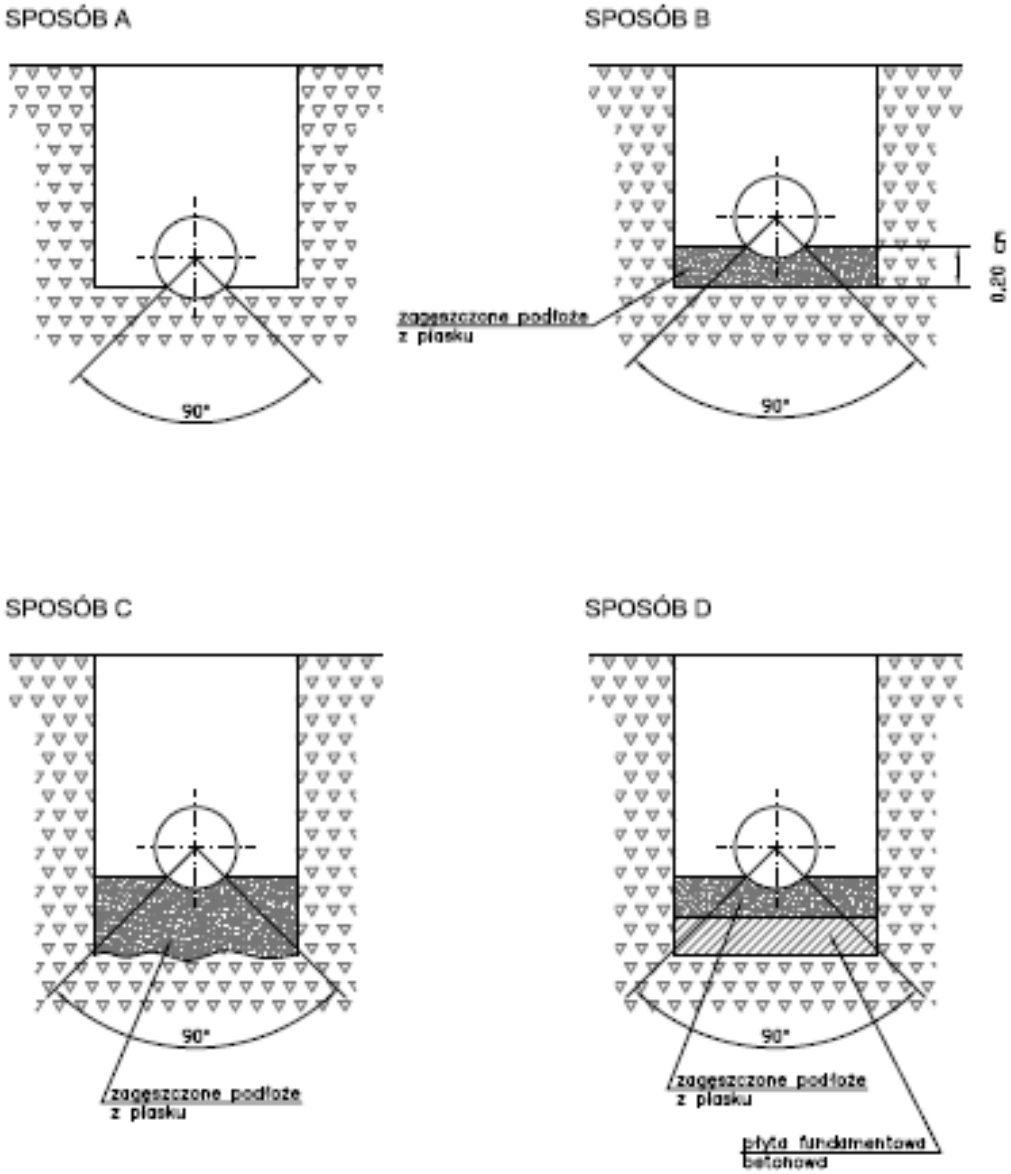
Warunki obsypki rury kanałowej wymagają podłoża z zagęszczonego piasku o minimalnej wysokości 20 cm.

C – to podłoże, gdzie dno wykopu stanowią grunty o niskiej nośności, jak muły, torfy i inne. Warunki stabilności obsypki ochronnej wymagają usunięcia w/w gruntu, z wymianą na zagęszczony piasek do posadowienia rurociągu.

D – to podłoże, gdzie dno wykopu jest typu C, jednak o głębokim zaleganiu gruntu o niskiej nośności. Warunki stabilności obsypki ochronnej rurociągu wymagają wykonania wzmocnionego podłoża – płyty (ławy) betonowej lub żelbetowej, z ułożeniem na niej zagęszczonego podłoża z piasku o grubości co najmniej 20 cm.

Dno wykopu pod podłoże w normalnych warunkach gruntowych (grunt suchy, luźny lub średnio zwarty) powinno być wykonywane z dokładnością od +2 do +5 cm ponad niweletę projektowanych rzędnych. W przypadku tzw. przekopu – nadmiernego wybrania gruntu rodzimego, wybraną przestrzeń należy wypełnić ubitym piaskiem. W przypadku występowania wody gruntowej wykop poniżej podłoża musi podlegać odwodnieniu. Dla wszystkich rodzajów podłoża

(A ÷ D) wymagane jest podłużne wyprofilowanie dna w obrębie kąta 90°, z zaprojektowanym spadkiem, co stanowi łożysko nośne rurociągu. Niedopuszczalne jest wyrównywanie podłoża ziemią z urobku lub podkładanie pod rury drewna, płyt betonowych chodnikowych czy większych kawałków gruzu.



Rys. 2. Rodzaje podłoża dla rur sieci kanalizacyjnych.

10.3.2. Kształtowanie łuków

W przypadkach braku elementów (łuków lub kształtek segmentowych) dla sformowania łuków można, w przypadku rur PVC, wykonać gięcie tych rurociągów dla uzyskania łuków. Promień gięcia nie powinien być mniejszy niż 3,5D (średnica zewnętrzna) w przedziale 32 ÷ 80 mm. Dla wykonania takiego zabiegu odcinek giętej rury o długości (2 ÷ 3)r należy

podgrzać do temperatury 120 ÷ 130ºC. Przed przystąpieniem do podgrzania rurę należy wypełnić drobnym piaskiem w celu przeciwdziałania spłaszczeniom lub załamaniom powierzchni. Operację gięcia należy wykonywać w specjalnych szablonach, w których do regulacji promienia gięcia stosuje się specjalne segmenty kształtujące łuki. Mniej skomplikowanym procesem gięcia i kształtowania łuków są rury z PE i PP, nawet do średnicy 300 mm, za wyjątkiem rur dwuściennych (korugowanych).

10.3.3. Przygotowanie węzłów – montaż uzbrojenia

Dla sprawnego wykonania węzłów należy na terenie obok wykopów przygotować pełny zestaw kształtek, składających się na montaż poszczególnych węzłów, w skład których wchodzić mogą:

- odgałęzienia typu trójniki i czwórniki,
- zasuwy,
- hydranty,
- kształtki przejściowe niezbędne dla połączenia rur z tworzyw sztucznych z rurociągiem stalowym i/lub żeliwnym, bądź armaturą wykonaną z tych materiałów.

Po przygotowaniu wszelkich elementów – kompletu kształtek i uzbrojenia, montaż całych węzłów może być dokonany na powierzchni wykopu i opuszczony do wykopu w celu ostatecznego połączenia lub zmontowany na dnie wykopu i łączony w sposób liniowo postępujący. Sposób zamontowania jest uzależniony od rodzaju materiału węzła, jego wielkości, a przede wszystkim ciężaru. Z uwagi na znaczną różnicę w gęstości pomiędzy tworzywem sztucznym, a żeliwem, co skutkuje różnym parciem na podłoże dna wykopu, należy przyjąć zasadę zabezpieczania blokami podporowymi wszystkich węzłów na przewodzie, w którym ma zastosowanie armatura, bądź kształtki żeliwne czy stalowe. Przy zastosowaniu na węźle elementów ze złączami kielichowymi układ powinien być zabezpieczony blokami oporowymi dla przeniesienia sił parcia i niedopuszczenia do rozsuwania się elementów węzła.

Do wykonania węzła i/lub połączeń rurociągów z tworzyw sztucznych z uzbrojeniem we wszelkiego typu sieciach (wodociągowych, kanalizacyjnych i innych) należy uwzględnić lokalne poszerzenie wykopu z odpowiednim zabezpieczeniem warunków bhp oraz możliwością umieszczenia armatury, a także umieszczenia urządzeń dla wykonania trwałych połączeń (np. zgrzewarek czy „spawarek”). W miejscu wykonania takich połączeń wystarczy jedynie nieco rozszerzyć sam wykop, natomiast nie ma potrzeby go przegłębiać, bowiem ze względu na ugięcie – elastyczność rurociągów można go trochę podnieść dla wprowadzenia np. uchwytów sterujących

przy zgrzewaniu elektrooporowym i zastosowaniu złączek elektrooporowych. Na przewodach wodociągowych stosowane są zasuwy tzw. liniowe (wbudowane w przewód trasowy), zasuwy na odgałęzieniach oraz zasuwy na podłączeniach domowych, najczęściej kielichowe (pozostające bezpośrednio w gruncie) lub kołnierzowe (do zamontowania w studniach – szczególnie dużych średnic). Montaż zasuw jest związany z zastosowaniem kształtek przejściowych, szczególnie złączek dwukielichowych dla właściwego sformowania połączenia i/lub węzła. Podobnie ma się przebieg rozwiązania technicznego z zastosowaniem hydrantu, niezależnie od jego usytuowania (czy bezpośrednio na przewodzie, czy na odgałęzieniu z zasuwą odcinającą – rozwiązanie częstsze).

10.3.4. Wykonywanie i montaż złączy

Rodzaj stosowanych złączy przy budowie rurociągów z PVC, bądź PE jest uzależniony od rodzaju stosowanych kształtek i łączników. Podstawowym złączem rur, łączników, kształtek funkcjonalnych czy kształtek przejściowych są złącza kielichowe na wcisk, z różną profilową uszczelką, przede wszystkim elastomerową. Na połączeniach z armaturą i kształtkami z żeliwa występują złącza kielichowe sztywne, często jeszcze uszczelniane na sznur lub folię, złącza tulejowo-kołnierzowe na uszczelki elastomerowe (czasem gumowe), klejone do rur PVC specjalnym klejem. Złącza realizowane dla połączenia PVC – żeliwo lub PE – żeliwo powinny być bezwzględnie wykonane w wykopie. Do podstawowych rodzajów złączy rurociągowych zaliczyć należy:

- złącza kielichowe na wcisk z uszczelką elastomerową (rura z kielichem i uszczelką oraz bosy koniec),
- złącza dwukielichowe za pomocą złączki dwukielichowej, z dwoma pierścieniami uszczelniającymi elastomerowymi,
- złącza przy wykorzystaniu mufy przesuwnej (nasuwki przelotowej) z pierścieniami elastomerowymi (stosowane bardzo często dla rur korugowanych),
- złącza rur PVC – żeliwo z wykorzystaniem kształtek przejściowych,
- złącza tulejowo-kołnierzowe do łączenia rurociągów PVC z rurociągami stalowymi,
- złącza klejone doczołowo lub z udziałem kształtek przejściowych typu nasuwki.

Czynności związane z wykonywaniem połączeń rurociągowych, w zależności od rodzaju rury, sposobu łączenia i wymaganych ciśnień – wytrzymałości są zróżnicowane, ale wiążą się z prowadzeniem prac w taki sposób, aby dochować czystości miejsc łączonych, niezależnie od tego, czy będzie to połączenie kielichowe, czy nasuwane, czy klejenie. Ważnymi czynnościami jest

przygotowanie rur poprzez sfazowanie końcówek, nałożenie uszczelki, ścisłość przylegania elementów czy zachowanie właściwych warunków bhp przy realizacji połączeń klejonych.

10.3.5. Układanie rurociągów i studni kanalizacyjnych – całość instalacji

Układanie rur kanalizacyjnych (niezależnie od rodzaju materiału – PVC, PE czy PP) oraz montaż studni kontrolno-rewizyjnych i inspekcyjnych powinien być realizowany na dnie wykopu, zgodnie z wszelkimi zasadami technicznymi i względami bezpieczeństwa przedstawionymi wcześniej, a szczególnie na podłożu całkowicie odwodnionym i wyprofilowanym dnem na łożysko nośne rury kanałowej. Budowę sieci kanalizacyjnych należy rozpocząć od punktów węzłowych, jakie stanowią studnie kanalizacyjne wszelkich średnic (kontrolno-rewizyjne, inspekcyjne, włazowe), posiadające zgodnie z zaprojektowanymi rzędnymi przejścia szczelna dla danego rodzaju rurociągu. Budowę odcinka kanału należy prowadzić z ustalonymi spadkami pomiędzy punktami węzłowymi od rzędnych niższych do wyższych odcinkami odpowiadającymi asortymentowi zastosowanych rurociągów. Często wykonawcy dostosowują odcinki rur stosowanych w budowaniu sieci do posiadanych segmentów szalunków (często 3 lub 4 m). Układane rurociągi wymagają dobrego i stabilnego podparcia na całej długości, bez stosowania punktowego podkładania kamieni, gruzu czy drewna. W miejscach złączy należy wykonać dołki montażowe o głębokości ok. 10 cm dla umożliwienia dokonania połączenia i sprawdzenia w okresie późniejszym (okres odbiorowy) szczelności tego połączenia. Po próbie szczelności dokonuje się zasypania piaskiem takich złączy w ramach realizacji osypki ochronnej rurociągu.

Studnie kontrolno-rewizyjne z materiałów tradycyjnych (beton, cegła, polimerobeton) są na tyle ciężkie, że montaż w przejściach szczelnych bosych końców rur kanalizacyjnych nie sprawia trudności, jedynym problemem jest właściwa szczelność, która powinna być uzyskana niezależnie od rodzaju rurociągu, jak i ostatniej kształtki montowanej w studnię (kinetę studni). Budowa studni kanalizacyjnych, niezależnie od jej średnicy, rodzaju (kontrolno-rewizyjne, inspekcyjne, włazowe, komory itp.), wymaga wykonania dokumentacji technicznej w fazie projektu wykonawczego (do realizacji). W przypadku montażu studni kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych należy wykazać się nieco innym postępowaniem ze względu na następujące okoliczności:

- kinety studzienek, nawet z szybem łącznikowym są tak lekkie, że przy montażu nie stanowią odpowiedniej masy przeciwstawiającej się siłom nacisku odcinka rury, którą montuje się na wcisk. Stąd niezbędnym jest właściwe przyblokowanie – zakotwienie takiej studni w wykopie,
- lekkość studni utrudnia właściwe ich ustawienie na odpowiednich rzędnych (x, y) oraz głębokości (z) w otwartym wykopie,

- dodatkowe trudności stabilnego usytuowania sprawiają studnie małogabarytowe (inspekcyjne) o średnicy 315 mm, 420 mm czy 630 mm,
- grubość podsypki pod kinetą studni powinna być przynajmniej taka sama, jak grubość podsypki pod rurociągiem,
- sposób zasypywania studni z tworzyw sztucznych powinien być bardziej dokładny i staranny. W najbliższym sąsiedztwie obudowy studni nie powinien być stosowany materiał przypadkowy do zasypki. Powinien on być pozbawiony głazów, kamieni, szczególnie ostrych czy zmrożonego gruntu. Zagęszczanie wokół studni kołnierza gruntu o szerokości 0,5 m od zewnętrznej obudowy – warstwa o miąższości maksimum 30 cm i tak aż do poziomu terenu,
- zasypywanie studni nie może być dokonywane spycharką ze względu na możliwość przesunięcia szybu łącznikowego i „przekoszenie" całej instalacji.

Konstrukcja studni produkowanych przez InstalPlast Łask została tak przewidziana i jest realizowana, aby w każdych warunkach zewnętrznych obiekty te gwarantowały szczelność systemu oraz aby przeciwdziałały uszkodzeniu poszczególnych elementów i samego kanału. Studnie te charakteryzują się bardzo dobrą współpracą w:

- przenoszeniu obciążeń spowodowanych ruchem drogowym,
- przenoszeniu obciążeń spowodowanych zmianami temperatur,
- zmiennych warunkach gruntowo-wodnych,
- możliwościach regulacji w czasie dokonywania remontów nawierzchni.

Zostało to osiągnięte dzięki specjalnemu teleskopowemu rozwiązaniu połączeń studzienki, stosowanemu przez InstalPlast Łask. Istotą takiego połączenia jest brak przenoszenia naprężeń pochodzących od ruchu drogowego, zmian termicznych i klimatycznych na kinetę studzienki, z jednoczesnym utrzymaniem tej samej rzędnej włazu studni z drogą (ulicą). W takich sytuacjach nie ma potrzeby wykonywania wokół studni pierścienia odciążającego na odpowiedniej elastycznej – sprężynującej podbudowie, co znakomicie zmniejsza koszty realizacji przedsięwzięcia. Teleskopowe połączenie dolnej części studni wraz z kinetą poprzez odpowiednio wyprofilowany pierścień uszczelniający pozwala na pionowy ruch teleskopu (mikroruchy), zgodnie do zmian nawierzchniowych i kompensuje występujące naprężenia. Faza naprężania i faza odprężenia (po ustaniu nacisku) zachodzi tylko i wyłącznie na teleskopie, bez przenoszeń na rurociąg. Tak więc gładka powierzchnia rury i teleskopu oraz możliwości ruchu w pierścieniu uszczelniającym rury zapewniają:

- utrzymanie zlicowania powierzchni włazu z nawierzchnią drogi (ulicy),

- zabezpieczenie przed wypadnięciem rury trzonowej z kinety, z powodu ruchów wzdłużnych.

Rura teleskopowa kompensuje siły występujące od góry (od strony nawierzchni drogowej), ale także zmienne siły wyporu na skutek wahania zwierciadła wody gruntowej, jeżeli system kanalizacyjny został posadowiony poniżej poziomu wody. Mocowanie rury teleskopowej w sposób trwały, a jednocześnie elastyczny w żeliwnej ramie włazu sprawia, że kompensowane są siły ukośnie występujące, z powodu najazdu kierunkowego kół samochodowych na włazy.

10.3.6. Studzienki kanalizacyjne w pasie drogowym

W pasie drogowym mogą występować studzienki:

- inspekcyjne niewłazowe, umożliwiające wprowadzenie z poziomu terenu do przewodów kanalizacyjnych sprzętu czyszczącego, kontrolnego lub badawczego, bez możliwości wejścia personelu,

- inspekcyjne niewłazowe, z możliwością awaryjnego wejścia pracownika zaopatrzonego w uprząż przypiętą do ręcznej wyciągarki (trójnoga) w celu wykonania drobnych prac eksploatacyjnych lub wprowadzenia sprzętu czyszczącego z poziomu kinety. Minimalna średnica wewnętrzna takiej studni to 800 mm z otworem włazowym o średnicy 600 mm,

- kontrolno-rewizyjne, zaopatrzone w klamry złazowe lub drabinkę przeznaczoną do zejścia pracownika na stały spocznik (ponad kinetą lub kinetami). Minimalna średnica wewnętrzna takiej studni to 1000 mm (wskazane 1200 mm), z otworem włazowym o średnicy 600 mm.

Stosowane studnie powinny posiadać co najmniej aprobaty techniczne wydane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów, a jeszcze lepiej unijny certyfikat jakości CE. W zależności od usytuowania studzienki w pasie drogowym i kategorii ruchu, przewidziano, zgodnie z normą PN-EN 124, stosowanie różnej zabudowy (zwieńczeń) studni oraz wpustów ścieków deszczowych (od A15 – obudowy na lekki ruch do F900 – powierzchnie dla dużego nacisku – lotniska).

Studnie rewizyjne powinny być stosowane na trasie przewodów, gdy kolektor zmienia kierunek, rozgałęzia się lub przyjmuje kolejną strugę (ciąg), zmienia średnicę, spadek podłużny, ale nie rzadziej niż 50 m. Przy średnicach kanałów uważanych za przełazowe (od 1,0 m i więcej) oraz w wyjątkowych przypadkach (brak dopływów – dobre warunki gruntowo-wodne) odległości te mogą oscylować w granicach 80 ÷ 100 m. W zależności od rodzaju i klasy zwieńczenia studni oraz warunków gruntowo-wodnych należy stosować żelbetowe pierścienie odciążające,

nie rezygnując z posadowienia teleskopowego kominka studni. Szczegóły takiego rozwiązania powinny być pokazane w dokumentacji (faza: projekt wykonawczy).

10.3.7. Wykonywanie przyłączy instalacji domowych

Przyłącza wodociągowe i kanalizacyjne dla indywidualnych gospodarstw domowych do odpowiednich sieci zewnętrznych można również wykonywać poprzez użycie rur z tworzyw sztucznych. Połączenie wodociągowe można wykonać poprzez:

- wstawienie trójnika w przewód uliczny, to tzw. wcinka, która jest stosowana dla przyłączy o średnicy 50 mm i większej, gdy rurociąg sieciowy posiada średnicę minimum 110 mm,
- opaskę z nawiertką na przewodzie ulicznym lub bez nawiertki.

Połączenie z trójnika poprzez jego wstawienie wymaga wyłączenia odcinka rurociągu z eksploatacji i opróżnienia rury, wstawienia poprzez wcinkę tego trójnika i sformułowanie węzła domowego poprzez montaż sprzęgła kołnierzowego, zasuwy, złączki równoprzelotowej pośredniej. Samo połączenie trójnika na sieci głównej także wymaga kilku elementów dodatkowych, jak sprzęgło złącza kołnierzowego, nasuwka kielicha czy złączka pośrednia. Wykonanie takiego przyłącza jest skomplikowane elementowo i wykonawczo. Połączenie z użyciem opaski jest szybsze, nie wymaga opróżniania rurociągu i może być wykonywane na rurociągach sieciowych w przedziale średnic 90 ÷ 350 mm, przy średnicach przyłączy w przedziale 25 ÷ 150 mm.

Wewnętrzna sieć kanalizacyjna oraz przykanalik, tj. przewód odprowadzający ścieki bytowo-gospodarcze i/lub deszczowe do sieci kanalizacji miejskiej (gminnej) mogą być wykonywane z tworzyw sztucznych. Przykanalik powinien mieć średnicę nie mniejszą niż 150 mm, w wyjątkowych przypadkach Ø 110 mm i być ułożony ze spadkiem co najmniej 2% (w wyjątkowych przypadkach 1,5%). Zaleca się, aby przykanaliki łączone były z kanałem sieciowym (zewnętrznym) na wysokości 20 ÷ 40 cm nad dnem kanału, co zapobiega podtapianiu przykanalika (wskazana zasuwa burzowa przy podłączeniu do kanału ogólnospławnego). Połączenie przykanalika może być zrealizowane za pomocą kształtki (łuki, kolana segmentowe) lub studzienki połączeniowej (o średnicy 420 mm ÷ 1000 mm). Rurociągi kanalizacyjne z PVC i PE wymagają przy przejściach pod fundamentami budynków zastosowania odcinków rurociągów ochronnych stalowych.

10.3.8. Przejścia kolizyjne

Przy budowie sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i odwadniających z tworzyw sztucznych na niektórych odcinkach mogą występować specjalne warunki układania i lokalizacji

przewodów, określanych mianem przejścia pod, względnie nad przeszkodami, tzw. przejścia kolizyjne. Do przejść tych zaliczyć należy przejścia pod:

- fundamentami lub w fundamentach wszelkich budowli,
- drogami publicznymi szczególnie obciążonymi ciężkim ruchem drogowym,
- torami tramwajowymi,
- torami kolejowymi,
- ciekami wszelkiego rodzaju, jak rzeki, potoki, rowy melioracyjne,
- poziomem wód gruntowych występujących na dużym obszarze terenu.

Wymagania projektowe takich przejść, niezależnie od rodzaju sieci, wymagają uzgodnień z ich użytkownikami. W przypadku przejść pod torami, drogami czy większymi ciekami przepisy użytkowników „przeszkód" są dość specyficzne w odniesieniu do rodzaju materiału, w tym zabezpieczającego, głębokości ułożenia, sposobów realizacji prac. Każdy z takich użytkowników „przeszkód" posiada inne wytyczne technicznego rozwiązania przejść pod lub nad przeszkodami, a ponadto każdy z gestorów sieci wodociągowej, kanalizacyjnej czy odwodnieniowej stawia inne warunki techniczne realizacji takiego przedsięwzięcia. Problem pokonania przeszkody staje się łagodniejszy w odniesieniu do wielu tradycyjnych rozwiązań w efekcie zmian materiałowych oraz nowych technologii. Instalacje ciśnieniowe pozwalają w miarę łatwo pokonywać przeszkody, gdyż nie są one tak zależne od warunków terenowych jak instalacje grawitacyjne. Przejście przewodu sieciowego przez przeszkody powinno być wykonane pod kątem 90^{o} lub zbliżonym do niego. Przejścia sieci przez tory kolejowe, trasy szybkiego ruchu, trasy wylotowe, węzły czy trasy komunikacji miejskiej powinny być wykonane w rurze osłonowej lub galerii z zasuwami po obu stronach (sieci ciśnieniowe) lub studniami kontrolno-rewizyjnymi (sieci grawitacyjne). Dla przewodów z tworzyw sztucznych należy stosować rurociągi osłonowe stalowe, zabezpieczone dwustronnie przed korozją lub galerie, bądź tunele betonowe czy żelbetowe. Średnice rur osłonowych dla przejść przewodów wodociągowych lub kanalizacyjnych, jako orientacyjne i minimalne, pokazano w tabeli 13. Każdorazowo, podczas projektowania takich przejść przewodów należy sprawdzić, czy użytkownik danej sieci nie podaje szczególnych warunków technicznych wykonania takiej osłony w odniesieniu do średnicy ochronnej, wymagań, co do wypełnienia przestrzeni pomiędzy przewodem sieciowym, a rurą osłonową, rodzajów zastosowanych podpór, ślizgów i elementów centrujących rurociąg w osłonie, armatury odcinającej i kontrolnej.

Średnice rur osłonowych dla sieci wodociągowych

Tabela 13

Średnica rurociągu sieciowego (mm)	**Średnica rury ochronnej** (mm)	
	bezpośrednie ułożenie	w metodzie tunelowej (galeriowej)
do 200	400	400
300	800	500
400	800	600
500	800	700
600	800	800
800	1000	1000
1000	1200	1200

Przy przejściach przewodami wodociągowymi lub kanalizacyjnymi z PVC, PE czy PP pod fundamentami budowli muszą być zapewnione warunki:

- właściwego zabezpieczenia fundamentów w odniesieniu do wymaganej szerokości i wysokości dla ułożenia rurociągu jw.,
- układka rury powinna odpowiadać warunkom układania w wykopie otwartym, z zastosowaniem obsypki ochronnej i zasypywania sukcesywnego, i zgodnie z zasadami podanymi wcześniej,
- odległość pomiędzy kielichem lub innym rodzajem połączenia, a także samym rurociągiem, a spodem fundamentu powinna wynosić minimum 15 cm i tego typu przejścia też należy wykonywać w osłonie wychodzącej poza obrys fundamentu w granicach 0,8 ÷ 1,0 m (z obydwu stron).

Przejścia przewodami wodociągowymi przez cieki wodne należy projektować z uwzględnieniem istniejących warunków terenowych z budową konstrukcji nośnej jedynie dla tej sieci. Dla przewodów wodociągowych układanych nad terenem należy zaprojektować izolację termiczną zabezpieczoną przed wilgocią, stosować otulinę dwudzielną, umożliwiającą jej demontaż.

W terenach wysoko nawodnionych sieć wodociągową i/lub kanalizacyjną można wykonywać poprzez przewiert sterowany, z montażem rury osłonowej (może być również z tworzyw sztucznych) i ułożenia właściwego rurociągu przesyłającego dane medium. Przejście przewodem kanalizacyjnym przez ciek wodny w konwencji kanalizacji grawitacyjnej można zrealizować poprzez zastosowanie syfonu.

10.3.9. Przepusty pod drogami

Ze względu na wysoką sztywność obwodową, odporność na niskie temperatury, w sytuacjach braku naprężeń poprzecznych (siły pionowe do osi) oraz konstrukcję ścianki, szczególnie w przypadku rurociągów korugowanych, rury z tworzyw sztucznych obsadzone w elementach żelbetowych wlotów i wylotów, doskonale nadają się do wykonywania przepustów pod drogami. Szczegółowe wytyczne projektowania i wykonawstwa przepustów z takich materiałów są zawarte w załącznikach Zarządzeń (Wytycznych …) Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Rurociągi z tworzyw sztucznych powinny być posadowione na ławach fundamentowych z kruszywa lub gruntów mineralnych, stabilizowanych cementem. Minimalna wysokość ław fundamentowych powinna wynosić 30 cm, natomiast szerokość ławy jako minimum 2D, nie mniej jednak niż 60 cm. Stopień zagęszczania gruntu minimum 0,98 według Proctora. Bezpośrednio pod posadawianą rurą należy wykonać podsypkę z piachu o grubości minimum 15 cm, ale w taki sposób, aby górna warstwa podsypki (5 cm) była zagęszczona w niewielkim stopniu, co pozwoliłoby na sformowanie łoża dla rury, bądź ułożenia się karbów w warstwie piaskowej. Pozostała część warstwy (dolna i środkowa) powinna być zagęszczona do wartości 0,98 wg Proctora. Zasypkę (do poziomu wierzchu rury) należy wykonać z kruszywa normowego (PN-S-02205:1998 i PN-B-11112:1996) dokonując warstwowych zasypań (co 30 cm), z zagęszczaniem do wartości 0,95 bezpośrednio przy rurze i 0,98 wg Proctora w pozostałej przestrzeni. Sama zasypka nie powinna zawierać grud, zbryleń, kawałów gruntu zamarzniętego. Nadsypkę nad rurą należy wykonać ze żwiru o frakcji 0 ÷ 40 mm mrozoodpornego, o współczynniku nierównomierności uziarnienia K powyżej 4,0 ($K = \frac{d_{60}}{d_{10}}$), warstwami o grubości do 10 ÷ 15 cm, do wysokości 30 cm ponad górną krawędź rury. Wysokość naziomu nad rurociągiem do niwelety drogi powinna wynosić minimum 0,5 m dla rur o średnicach w przedziale 600 ÷ 1000 mm i 0,3 m dla rur o średnicach mniejszych niż 600 mm. Na przepusty pod drogami należy stosować rury o sztywności obwodowej nie mniejszej niż 8 kN/m^2. Przepusty takie mogą służyć jako urządzenia wodne (dla eksploatacji cieków) oraz jako miejsca dla przejść pod drogą małych zwierząt.

10.3.10. Ochrona rurociągów przez zamarzaniem

Głębokość przykrycia przewodu w wykopie musi zabezpieczać przed zamarznięciem w nim wody lub ścieków. Pomimo znacznie mniejszego współczynnika przewodzenia ciepła dla rur

z tworzyw sztucznych w porównaniu ze stalą czy żeliwem, ze względów bezpieczeństwa, w związku z kruchością materiału przy ujemnych temperaturach, dla rur z tworzyw sztucznych (PVC, PE czy PP) obowiązują te same głębokości przykrycia, co dla rur żeliwnych. Głębokość przemarzania gruntu h_z dla danej części kraju jest zgodna z PN-81/B-03020 i w związku z tym warstwa przykrywająca powinna być o 20 cm większa, zgodnie z formułą:

$$H_N = h_z + 0,2$$

dla rurociągów o DN powyżej 1000 mm oraz według formuły:

$$H_N = h_z + 0,4$$

dla rurociągów o DN poniżej 1000 mm.

Tym samym przykrycie rurociągów i/lub kanałów z tworzyw sztucznych w warunkach polskich waha się w przedziale od 1,0 m (dla strefy I, gdzie h_z = 0,80 m) do 1,8 (dla strefy IV, gdzie h_z = 1,4 m). W uzasadnionych przypadkach głębokość przykrycia można zmniejszyć o 0,1 m przy intensywnym (powyżej 0,6 m/s) przepływie wody lub ścieków lub przy zastosowaniu warstwy ocieplającej z żużla, bądź pumeksu czy keramzytu o miąższości w przedziale minimum od 20 cm (strefa I) do 40 cm (strefa IV). Przy braku wilgotności gruntu (odcięcie od powierzchni geomembraną o grubości 1,25 mm) pozwala na zmniejszenie warstwy naziomu do nawet 0,5 m.

10.3.11. Ochrona przed korozją

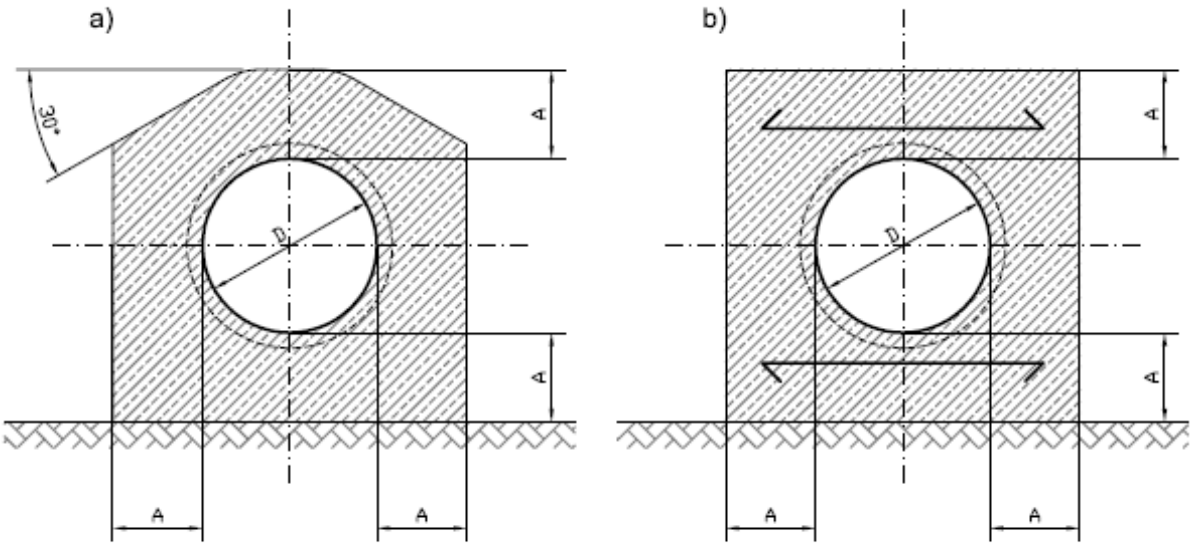
W przypadku stosowania rur z tworzyw sztucznych nie ma powodu, aby prowadzić jakikolwiek sposób ochrony przed korozją. W sytuacjach, gdy w systemie sieci wodociągowej, kanalizacyjnej lub odwodnieniowej są stosowane elementy, armatura lub inne pomocnicze kształtki z metalu, bądź żeliwa należy zastosować ochronę przed korozją tych detali na warunkach przewidzianych oddziaływaniem.

10.3.12. Prace pomocnicze (obetonowywanie)

Zabezpieczenie rur kanałowych z PVC, PE czy PP przed nadmiernym odkształceniem stosuje się w wyjątkowych przypadkach, w sytuacji:

- gdy zachodzi potrzeba płytkiego posadowienia kanału z koniecznością uwzględnienia obciążeń zasypką i/lub obciążeń naziomem, szczególnie przy przejściach pod torami (kolejowymi, tramwajowymi – torowiska wydzielone – poza jezdnią) lub pod drogami,
- posadawiania na głębokości powodującej nadmierne odkształcenie przekroju poprzecznego kanału w zakresie jego wysokości powyżej 4% na skutek różnorodnych obciążeń,
- gdy zamawiający – użytkownik zgłasza tego rodzaju życzenie.

O konieczności stosowania obetonowania decydują obliczenia statyczne, które są uzależnione od warunków wykonania (kanału i otuliny betonowej) w odniesieniu do tego, czy dzieje się to w wykopie pomiędzy gruntem rodzimym, a rurociągiem, czy w wykopie oszalowanym. Przy obetonowaniu rur nie bierze się pod uwagę współdziałania materiału rur z betonem, bowiem obetonowanie po związaniu i procesach dojrzewania betonu stanowi otulinę samonośną. Otulina betonowa jest realizowana wokół rurociągu (również od spodu) i jej grubość powinna wynosić 25% D (jednak nie mniej niż 100 mm). Wykonanie obetonowania rurociągu przeprowadza się w wykopie suchym (jeżeli występuje woda bezwzględnie należy ją usunąć i podtrzymywać odwodnienie do momentu uzyskania dojrzałego betonu). Przed przystąpieniem do wykonania otuliny betonowej rurociąg musi zostać sprawdzony na szczelność złączy, które po próbie powinny zostać zabezpieczone specjalną taśmą samoprzylepną przed przeniknięciem zaprawy cementowej do wnętrza złącza. Obetonowany rurociąg należy zabezpieczyć przed wypłynięciem z masy betonowej (obciążyć wodą). Otulina betonowa powinna posiadać szczeliny dylatacyjne w odległościach równych długościom rur (w przedziale 3 ÷ 6 m). Przy odcinkach (sztangach) rur dłuższych należy wykonywać dylatacje co 6,0 m, przy odcinkach rur krótszych (poniżej 3 m) należy wykonywać dylatacje w przedziałach długościowych, jak zalecane (najlepiej przed połączeniem kielichowym). Masa betonowa w całej strefie kanału wymaga starannego zagęszczania z podbiciem pach rurociągu (analogicznie, jak dla obsypki piaskowej). Otulinę należy wykonać z betonu C 17/C 20 (dawniej B 20). Po usunięciu deskowania wykop może być zasypany gruntem rodzimym warstwowo, z zagęszczaniem. Sposoby obetonowywania rurociągów z PVC zaprezentowano na rys. 3.



A – 1/4 D mln. 10 cm

A – 1/4 D mln. 10 cm

Rys. 3. Otuliny rury z PVC: a) betonowe, b) z dozbrojeniem.

10.3.13. Oznakowanie rurociągów

W przypadku stosowania rur z tworzyw sztucznych, trasy rurociągów (szczególnie trasę wodociągu) należy oznaczyć taśmą lokalizacyjną koloru niebieskiego lub biało-niebieskiego (wodociąg), bądź koloru brązowego (kanalizacja) z zatopioną wkładką metalową. Szerokość zastosowanych taśm to:

- 200 mm dla rurociągów o średnicy ≤ 250 mm,
- 400 mm dla rurociągów o średnicy > 250 mm.

Taśmę należy umiejscowić i prowadzić na wysokości 30 cm nad grzbietem rury, z odpowiednim wyprowadzeniem końcówek taśmy do skrzynek zasuw i hydrantów.

11. ODBIORY ROBÓT

Po wybudowaniu jakiejkolwiek sieci przesyłającej media, takie jak woda czy ścieki, należy przeprowadzić odbiory wykonanego przedsięwzięcia jako całości, z podziałem na zrealizowane cząstkowe elementy prac. Odbiory poszczególnych, niezależnie od ich rodzaju, sieci, rozpoczynają się już w momencie budowy, kiedy sprawdzeniu ulegają takie czynności, jak: prace związane z wytyczeniem osi i wykopu, odwodnieniowe, związane z szalowaniem, stosowaniem rur, kształtek i armatury, ułożeniem przewodu, zagęszczaniem zasypki i obsypki, wykonaniem przyłączy. Sposoby przeprowadzenia odbiorów regulują wymagania techniczne COBRTI INSTAL opracowane dla wykonania i odbioru sieci wodociągowych (zeszyt 3) i … sieci kanalizacyjnych (zeszyt 9), zalecane do stosowania odpowiednio przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego i Budownictwa oraz Ministerstwo Infrastruktury. Warunki techniczne … zostały ustalone z przywołaniem aktualnych ustaw, rozporządzeń i norm, dotyczących materiałów, systemów wodociągowych i kanalizacyjnych oraz technicznych wymagań szczegółowych.

11.1. <u>Ogólne przepisy i postępowanie przy odbiorach</u>

Wykonane wytyczne pt.: „Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci wodociągowych” (zeszyt 3) COBRTI INSTAL obejmują sieci wodociągowe realizowane z różnych materiałów, w tym z tworzyw sztucznych określonych materiałowo wg PN-EN-1452-1÷5:2000 oraz ZAT/97-01-001. Natomiast wytyczne pt.: „Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci

kanalizacyjnych" (zeszyt 9) COBRTI INSTAL obejmują sieci kanalizacyjne również wykonane z różnych materiałów, ale w przypadku tworzyw sztucznych materiałowo dokonano rozdziału na sieć grawitacyjną:

- z niezmiękczonego polichlorku winylu PVC-U wg PN-EN 1401,
- z polipropylenu (PP) wg PN-EN 1852,
- z polietylenu (PE) zgodnie z aprobatami technicznymi,

na sieci kanalizacji ciśnieniowej, podciśnieniowej, tłocznej:

- z PVC-U wg PN-EN 1452,
- z polipropylenu (PP) wg PN-C-89207,
- z polietylenu (PE) według aprobat technicznych.

Badania przy odbiorze sieci wodociągowych i kanalizacyjnych składają się z odbioru technicznego częściowego, który dotyczy:

- zgodności z dokumentacją,
- robót zanikających oraz prac ulegających zakryciu,
- zastosowanych materiałów,
- szczelności sieci zgodnie z zasadami podanymi w normach, w odniesieniu do poszczególnych rodzajów sieci.

Natomiast odbiór techniczny powinien obejmować:

- analizę zgodności dokumentacji technicznej z inwentaryzacją geodezyjną, w tym analiza protokołów z prac odbiorowych częściowych, rozstaw armatury i urządzeń towarzyszących,
- badania szczelności obiektów towarzyszących, studni, komór (przejść przez ściany), strony formalne realizacji budowy, jak dzienniki budowy, realizacja przedsięwzięcia w odniesieniu do warunków pozwolenia na budowę, doprowadzenie terenu budowy do porządku i stanu używalności,
- przygotowanie całości dokumentacji do uzyskania pozwolenia na użytkowanie.

11.2. Odbiór sieci wodociągowych – warunki techniczne

Szczegółowa procedura odbiorowa sieci wodociągowych powinna obejmować te czynności i zabiegi, które zostały zaprezentowane w rozdziale wyżej (jako postępowanie ogólne), ale także elementy specyficzne – charakterystyczne dla rozprowadzania wody. Odbiór szczegółowy rurociągu wodociągowego powinien obejmować takie zasadnicze czynności, jak: próbę

hydrauliczną, płukanie przewodu i dezynfekcję. Szczelność przewodu powinna gwarantować utrzymanie ciśnienia próbnego wynoszącego 1,5 ciśnienia roboczego, nie mniej jednak niż 1 MPa (10 barów). W trakcie czynności odbiorowych powinny być spełnione wymagania dotyczące armatury. Należy przeprowadzić „operacje manewrowe" z zasuwami lub przepustnicami polegające na otworzeniu – zamknięciu – częściowym zamknięciu i sprawdzeniu efektów tego działania. Przed włączeniem do czynnej sieci wodociągowej każdy nowo wybudowany przewód wodociągowy należy przepłukać i zdezynfekować. Generalnie, podczas prowadzenia czynności odbiorowych kierownik budowy lub specjalna ekipa prowadząca rozruch (zależy to od skali przedsięwzięcia) powinien postępować zgodnie z opracowanymi zasadami wykonania i odbioru danej sieci (odcinka) wodociągowej lub zgodnie z Projektem rozruchu sieci. I w jednym, i w drugim przypadku (kwestia skali) takie dokumentacje są wykonywane przed uzyskaniem pozwolenia na budowę lub w trakcie realizacji przedsięwzięcia.

11.3. Odbiór instalacji kanalizacyjnych – warunki techniczne

Szczegółowa procedura odbiorowa sieci kanalizacyjnych powinna obejmować te czynności i zabiegi, które zostały zaprezentowane w rozdziale 11.1. (jako postępowanie ogólne), ale także elementy specyficzne – charakterystyczne dla ujmowania i transportu ścieków gospodarczo-bytowych, przemysłowych oraz deszczowych. Odbiór szczegółowy rurociągu kanalizacyjnego powinien obejmować takie zasadnicze czynności, jak:

- zbadanie zgodności usytuowania i długości danego odcinka kanału z dokumentacją i inwentaryzacją geodezyjną (dopuszczalne odchylenie w planie osi przewodu od osi wytyczonej nie powinno przekraczać ±2 cm, a odchylenie rzędnych w pionie nie powinno przekraczać ±1 cm),
- próby szczelności przewodów kanalizacyjnych,
- badania techniczne kanału, takie jak: prostolinijność ułożenia odcinka, jednostajność spadku, kontrola spływów, hydraulika kinet,
- próby na deformację,
- płukanie sieci kanalizacyjnej w celu usunięcia pozostałości po budowie (piasku, gruntu),
- badania techniczne i próby szczelności studzienek kanalizacyjnych,
- wykonanie wszelkich manewrów ruchowych dla armatury zainstalowanej na sieci kanalizacyjnej (zasuwy burzowe, płuczki kanałowe, zamknięcia kanałowe).

Generalnie, podczas prowadzenia czynności odbiorowych kierownik budowy lub specjalna ekipa prowadząca rozruch (zależnie od skali przedsięwzięcia) powinien postępować zgodnie z opracowanymi zasadami wykonania i odbioru danej sieci (odcinka) kanalizacyjnej lub zgodnie z Projektem rozruchu sieci. I w jednym, i w drugim przypadku (kwestia skali) takie dokumentacje są wykonywane przed pozwoleniem na budowę lub w trakcie realizacji przedsięwzięcia (Projekt rozruchu).

11.4. Próby szczelności rurociągów i połączeń

Badania szczelności rurociągów, niezależnie jakiej sieci dotyczą (wodociągowej czy kanalizacyjnej) i z jakich materiałów zostały wykonane jest podstawowym testem i sprawdzianem poprawności wykonania i zastosowania materiałów dobrej jakości. Szczegółowe metodyki wykonywania badań szczelności mają na celu praktyczne sprawdzenie wytrzymałości rur, szczelności złącz i jakości technicznej zainstalowanej armatury. W przypadku szczelności przewodów wodociągowych z tworzyw sztucznych lub sieci kanalizacyjnych tłocznych, bądź ciśnieniowych, szczelność przewodu powinna gwarantować utrzymanie próbnego ciśnienia przez okres 30 minut podczas próby. Ciśnienie próbne powinno wynosić 1,5 ciśnienia roboczego, nie mniej niż 1MPa (10 barów). W przypadku przewodów o dużych średnicach, zgodnie z obowiązującą normą PN-EN 805 dopuszcza się wykonanie prób za pomocą powietrza, jednak wynikiem miarodajnym są próby hydrauliczne, które w takich przypadkach (oszczędność wody) można połączyć z dezynfekcją rurociągów. Należy zauważyć, że norma PN-EN 805 wprowadza kilka rodzajów ciśnień próbnych, testowych czy wstępnych, które w zależności od funkcji rurociągu powinny zostać określone.

Sieci kanalizacyjne, także z tworzyw sztucznych, powinny zostać poddane badaniom na szczelność przewodu zgodnie z:

- PN-EN 1610 – kanalizacja grawitacyjna,
- PN-EN 1671 – kanalizacja ciśnieniowa,
- PN-EN 1091 – kanalizacja podciśnieniowa.

Szczelność przewodów i studzienek kanalizacji grawitacyjnej powinna gwarantować utrzymanie przez okres 30 minut ciśnienia próbnego wywołanego wypełnieniem badanego odcinka przewodu wodą do poziomu terenu. Ciśnienie powinno zawierać się w przedziale od 10kPa do 50kPa licząc od poziomu rury. Warunki szczelności przewodów są spełnione jeżeli uzupełnienie wody od początkowego jej poziomu dla **powierzchni zwilżonej** nie przekracza:

- 0,15 dm^3/m^2 dla przewodów,
- 0,20 dm^3/m^2 dla przewodów wraz ze studzienkami kanalizacyjnymi włazowymi,

- 0,40 dm^3/m^2 dla studzienek kanalizacyjnych.

W przypadku kanalizacji podciśnieniowej szczelność przewodów powinna zapewnić:

- dla systemu bez rur kontrolnych utrzymanie podciśnienia 70kPa w ciągu 1 godziny przy dopuszczalnym w tym czasie spadku podciśnienia nie więcej niż 1%,
- dla systemu z rurami kontrolnymi utrzymanie podciśnienia 70kPa w ciągu godziny przy dopuszczalnym w tym czasie spadku podciśnienia nie więcej niż 5%.

Kanalizacja ciśnieniowa i/lub odcinki tłoczne podlegają badaniom na szczelność według procedury obowiązującej w sieciach wodociągowych.

Należy wspomnieć, że jeszcze do niedawna wykonywano badania szczelności przewodów kanalizacyjnych na eksfiltrację wody z przewodu lub infiltrację wody do przewodu według normy PN-92/B-10735. Dzisiaj takie próby nie obowiązują chyba, że jest to wyraźne życzenie zamawiającego sieć, zapisane w warunkach kontraktu.

11.5. Płukanie i dezynfekcja

Rurociągi z tworzyw sztucznych wykonane dla potrzeb sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i odwodnieniowych przed oddaniem do użytkowania powinny zostać przepłukane. W przypadku sieci kanalizacyjnych i odwodnieniowych płukanie powinno zostać dokonane w celu usunięcia drobnych złogów piasku i gruntu, które mogły się dostać w trakcie prowadzenia prac budowlanych. Proces płukania należy prowadzić kilka minut z użyciem wody o ciśnieniu roboczym minimum 10 m słupa wody, z węża zapewniającego przepływ 2,5 m^3/s z końcówką regulacyjną pozwalającą na rozproszenie strumienia wody (tzw. wersja zmywająca). Po przepłukaniu i wizualnej ocenie (niekiedy przy użyciu specjalnych wizjerów) odcinków kanałów sieci, nadające się fragmenty kanału bez grud i osadów zalegających na dnie można przekazać w użytkowanie.

W przypadku sieci wodociągowej z PVC, PP czy PE odcinki kolektorów podlegają dokładnemu przepłukaniu czystą wodą w ciągu kilku minut. Z uwagi na stosowany rodzaj materiału, w zasadzie nie wymagają one dezynfekcji, jednakże standardy higieniczno-sanitarne ustanowione dla sieci wodociągowych obligują wykonawcę do przeprowadzenia takich czynności i wykazania poprzez stosowne badania bakteriologiczne aseptycznego stanu sieci wodociągowej. Proces dezynfekcji odcinka sieci przeprowadza się przez napełnienie go wodą zawierającą z rozpuszczenia związki chloru – stosowany podchloryn wapnia lub sodu w ilości co najmniej 50 mg Cl_2/dm^3. Po czasie kontaktu 24 godzin opróżnia się dezynfekowany odcinek sieci, a stężenie chloru pozostałego w próbie wody powinno wynosić minimum 10 mg Cl_2/dm^3. Po przeprowadzeniu

dezynfekcji instalację należy przepłukać czystą wodą. Wodę chlorową używaną do dezynfekcji należy poddać procesowi dechloracji tak, aby stężenie chloru pozostałego zmalało do poziomu wymaganego do odprowadzenia do pobliskiej sieci kanalizacyjnej lub rozprowadzenia po terenie (zieleni). Po dokonaniu dezynfekcji i przepłukaniu odcinka rurociągu powinny zostać przeprowadzone analizy bakteriologiczne wody płynącej – dostarczanej tym odcinkiem, wykonane przez akredytowane laboratorium.

11.6. Próby na deformację

Po całkowitym zasypaniu wykopu zaleca się (nie jest to badanie obowiązujące) przeprowadzenie pomiaru poprzecznej deformacji rurociągów kanalizacyjnych i/lub odwodnieniowych o średnicach DN > 200 mm wykonanych z tworzyw sztucznych, gdy głębokość przekrycia przekracza 3 m, licząc od wierzchu rury. W tym celu należy do rurociągu włożyć specjalne urządzenie pomiarowe na głębokość min. 3 m od studni rewizyjnej. Obliczyć % zmianę średnicy według wzoru:

$$D_K = \frac{d_1 - d_2}{DN - e} \cdot 100\%$$

gdzie:

D_K – % deformacja kanału – zewnętrznej średnicy rury po wykonaniu danego odcinka rurociągu,

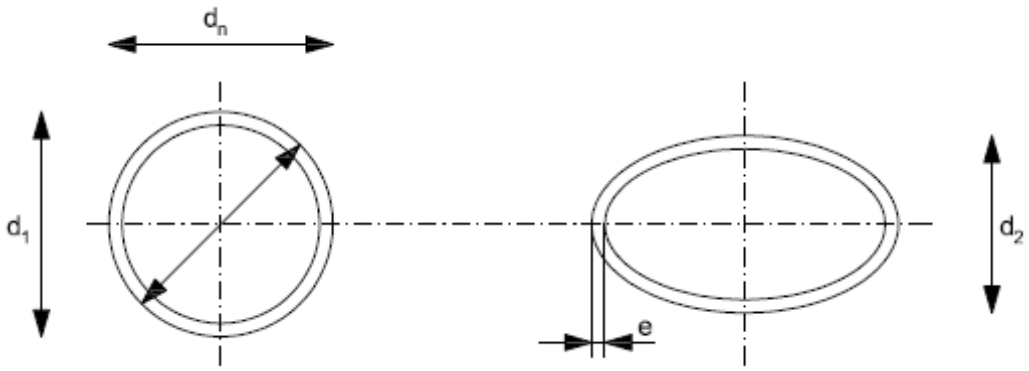
DN – średnica nominalna rurociągu badanego (mm),

d_1 – wewnętrzna średnica rurociągu przed zasypaniem (po sztywnym posadowieniu bez obsypki) (mm),

d_2 – wewnętrzna średnica rurociągu mierzona w pionie po wykonaniu obsypki i zagęszczeniu naziomu (mm),

e – grubość ścianki rurociągu (mm).

Wielkość pionowego odkształcenia rurociągu nie powinna być większa niż 4% zewnętrznej średnicy rury. Pomiary ugięcia rury pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Pomiar ugięcia rury.

11.7. Kamerowanie rurociągów

Inspekcja telewizyjna przewodów kanalizacyjnych polega na przeglądzie wnętrza kanału przy pomocy kamery, a obraz z kamery jest rejestrowany na taśmie wideo lub na płytach DVD (obecnie praktycznie najczęściej). Kamerę do kanału wprowadza się poprzez studzienki rewizyjne. Kamery te są samojezdne, z własnym napędem, sterowane z pulpitu sterowniczego umieszczonego w samochodzie znajdującym się na terenie. Obecnie stosuje się kamery obrotowe, pracujące w zakresie obrazu 360^o z napędem 4x4, z pomiarem spadków, oświetleniem 10 x LED super-jasne, z zakresem kontroli drożności zestawu już od DN 90 mm, z wysięgiem do 100 m. Zastosowanie techniki kamerowania pozwala na ocenę jakości wykonania sieci (ułożenia przewodów, wykonania łączy, szczelności), ewentualnych awarii takich, jak załamania konstrukcji czy „pływanie" odcinków kanałów w gruntach kurzawkowych. Poprzez kamerowanie można ocenić również technikę eksploatacji sieci (wytarte dno, wykwity, narosty tłuszczowe, osady denne, występowanie gryzoni) i przedsięwziąć środki, co do postępowania w celach usprawnienia funkcjonowania sieci.

12. WYTYCZNE TECHNICZNE DO WYKONANIA NAPRAW

Zadaniem eksploatacji sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i odwodnieniowych, wykonanych z tworzyw sztucznych jest, odpowiednio do wymienionej kolejności:

- ciągłe doprowadzanie wody niezbędnej dla funkcjonowania gospodarstw indywidualnych, przemysłu i rolnictwa,
- utrzymywanie ciągłego odpływu ścieków sanitarnych i ścieków deszczowych w trakcie występowania opadów atmosferycznych od miejsca ich doprowadzenia do sieci, aż do wylotu do odbiornika, poprzez oczyszczalnię ścieków,

- odprowadzanie wód gruntowych powodujących obniżenie jakości funkcjonowania obiektów naziemnych, obszarów wykorzystywanych rolniczo, jak i ciągów pieszo-jezdnych.

Eksploatowane sieci, pełniące wymienione wyżej funkcje, powinny posiadać pełną dokumentację inwentaryzacyjną sieci i jej uzbrojenia z naniesionym innym uzbrojeniem terenu, w tym profile podłużne tras, oznaczone miejsca występowania innych sieci, kolizje oraz rysunki poszczególnych obiektów. W zależności od rodzaju sieci, powinny być prowadzone przeglądy, w tym sprawność funkcjonowania zainstalowanej armatury i uzbrojenia. Okresowo powinny być prowadzone roboty remontowe i konserwacyjne, w taki jednocześnie sposób, aby nie wyłączać poszczególnych odcinków z pracy. Natomiast w przypadku konieczności dokonania robót naprawczych, niezbędne jest wyłączenie danego odcinka sieci z eksploatacji. Naprawy powinny być wykonywane przez fachowy personel posiadający odpowiednie uprawnienia (kursy) do wykonywania napraw na sieciach zrealizowanych z PVC, PP czy PE. Naprawy powinny być wykonywane w sposób zabezpieczający powierzchnie elementów z tworzyw sztucznych przed zarysowaniem. Powierzchnie te powinny być poddane uprzednio czyszczeniu oraz suszeniu. Odcinki rur powinny posiadać krawędzie prostopadłe do osi rur (przy sieciach wodociągowych i odwodnieniowych oraz tzw. trwałych połączeniach) lub sfazowane i wygładzone w przypadku łączenia na wcisk (uszczelkę) lub złącza pośrednie. Wykonywanie złącz klejonych powinno się odbywać z zachowaniem czynności charakterystycznych dla danego kleju oraz przepisów bhp. W przypadku (większość sytuacji) konieczności dostania się do rurociągu, wykopy, a następnie odtwarzanie obsypki i zasypki powinno być prowadzone zgodnie z zasadami zaprezentowanymi w konkretnej dla tego odcinka sieci dokumentacji technicznej lub w ramach ogólnej instrukcji posiadanej i stosowanej przez użytkownika sieci.

12.1. Możliwe rodzaje uszkodzeń

Uszkodzenia przewodów wodociągowych mogą posiadać charakter usterek i wad ukrytych (przesuniętych w czasie), a powstałych w wykonawstwie jako uszkodzenia awaryjne i w końcu eksploatacyjne. Może to być również spowodowane występowaniem na sieci zbudowanej z tworzyw sztucznych elementów ze stali i żeliwa. W odniesieniu do rurociągów stanowiących sieci wodociągowe, kanalizacyjne lub odwodnieniowe mogą występować następujące rodzaje uszkodzeń:

a) uszkodzenia uszczelki w złączach wciskowych,
b) nieszczelności w złączach kielichowych,
c) uszkodzenia (nieszczelność) uszczelki płaskiej w złączach kołnierzowych,

d) uszkodzenia miejscowe w postaci pęknięcia lub dziury,
e) nieszczelności na połączeniach klejonych,
f) uszkodzenia ciągłe w postaci pęknięć wzdłuż rury.

Wszystkie te w/w uszkodzenia można zakwalifikować jako miejscowe, pod warunkiem, że uszkodzenie wymienione w punkcie „f" ma długość mniejszą od 50 mm. Jeżeli długość pęknięcia wzdłuż rury jest większa niż 50 mm, to takie uszkodzenie kwalifikowane jest jako ciągłe.

12.2. Technologia robót naprawczych

Do wszystkich robót naprawczych w wykopie należy przystąpić po wykonaniu wykopu, całkowitym odsłonięciu miejsca uszkodzonego, wykonania fragmentu wykopu (nisz) tak, aby był swobodny dostęp do całego obwodu rury, odwodnieniu wykopu oraz oczyszczeniu i osuszeniu przewodu (jeżeli znajdował się on w wodzie gruntowej lub zachodziła konieczność jego przepłukania) w miejscu uszkodzenia.

12.2.1. Uszkodzenia miejscowe

Uszkodzenia miejscowe na przewodach wodociągowych z PVC, PE i PP usuwane być powinny za pomocą nasuwki przelotowej lub obejmy zaciskowej.

Jeżeli dochodzi do konieczności wymiany uszczelki w złączu wciskowym, niezbędne staje się usunięcie odcinka rury w celu demontażu złącza, wymiany uszczelki i wstawieniu fragmentu rurociągu na nasuwkę przelotową. Nieszczelności złączy kielichowych likwiduje się poprzez usunięcie kielicha i montaż odcinka rurociągu na nasuwkę przelotową (często dwie sztuki takich nasuwek) ze wstawką fragmentu rurociągu. Uszkodzenia na połączeniach klejonych nie podlegają naprawie. Nieszczelność usuwa się poprzez wycięcie uszkodzonego odcinka i wykonanie czynności, jak przy naprawach uszkodzeń ciągłych, przy użyciu złączy wciskowych. Złącza kołnierzowe naprawia się jak wyżej i dokładnie zabezpiecza ciekłymi izolacjami typu asfaltowego.

12.2.2. Uszkodzenia typu ciągłego

Uszkodzenia typu ciągłego, tj. pęknięcia podłużne lub poprzeczne ślimakowe na powierzchni rury wodociągowej lub kanalizacyjnej, o długości większej niż 50 mm, wymagają wycięcia odcinka uszkodzonej rury i jej usunięcia oraz montażu nowego króćca bosego oraz dwóch

nasuwek przelotowych. Zamiast nasuwek z tworzyw sztucznych możliwe jest stosowanie luźnych kołnierzy stalowych nakładanych na przyklejone do bosego końca rury specjalne tuleje z tworzyw typu PVC lub PE i ściągnięcie połączenia, w którym zakładane są elastomerowe uszczelki płaskie. Całość takiego połączenia (naprawy) powinna zostać zaizolowana ciekłymi izolacjami typu asfaltowego lub zamknięta specjalną samoprzylepną jednostronnie taśmą wodoodporną i wysokociśnieniową.

12.2.3. Usuwanie nieszczelności

Nieszczelności mogą być spowodowane złym ułożeniem uszczelki, deformacją mechaniczną złącza kielichowego w trakcie montażu lub prac zakrywających rurociąg, bądź niestarannym wykonaniem złącza klejonego. Wszystkie te przypadki wymagają usunięcia złącza i/lub kielicha i zastosowanie połączenia z nowego fragmentu rury z zastosowaniem złączek lub dwuzłączki. Szczególną uwagę należy zwrócić na gwinty w złączkach i kształtkach stosowanych w wewnętrznych instalacjach, które powinny być uszczelniane dodatkowo taśmą teflonową.

12.3. Zasady ponownego włączenia do eksploatacji

W przypadku sieci wodociągowych, po dokonanej naprawie, odcinek rurociągu powinien zostać przepłukany wodą poprzez sąsiadujące hydranty na odciętej sieci i odpowietrzony przez nie, a następnie włączony do eksploatacji. Po pełnym otworzeniu zasuw można wówczas powoli zamykać hydranty, a występujący przepływ wody to nie jej utrata i marnotrawstwo, ale uniknięcie uderzeń hydraulicznych.

W przypadku sieci kanalizacyjnych lub odwodnieniowych, po dokonanych naprawach, odcinki rurociągu można włączyć do eksploatacji bez prowadzenia nadzwyczajnych czynności. Powinny być one drożne, szczególnie dotyczy to sieci odwodnieniowych.

Po sprawdzeniu drożności i usunięciu uszkodzeń, w przypadku wszystkich sieci, należy przystąpić do zasypywania rurociągów, odtwarzając warstwy wokół rurociągu oraz nad rurociągiem, z właściwym zagęszczaniem (bez mechanicznego ubijania tuż nad rurą).

12.4. Rekonstrukcja odcinków sieci w ramach technologii bezwykopowych

W przypadku sieci wodociągowych ich naprawa z użyciem technologii bezwykopowych nie jest możliwa, bowiem aby się dostać do rurociągu ciśnieniowego należy dokonać odkrywki lub zdemontować zasuwę znajdującą się w studni (duże średnice) i, korzystając z takiego „wyłomu”, dokonać odpowiednich czynności. W przypadku sieci kanalizacyjnych taki sposób

prowadzenia rekonstrukcji odcinków sieci lub napraw uszkodzeń, kwalifikowanych jako miejscowe, jest możliwy poprzez najbliższą studnię kontrolno-rewizyjną, będącą w pobliżu zidentyfikowanego uszkodzenia. Do wykonywania lokalnych napraw w kanałach nieprzełazowych o średnicach 100 ÷ 800 mm stosuje się różnego rodzaju roboty kanalizacyjne mogące wykonywać wiele czynności, dzięki możliwości łączenia z ich głowicą różnych urządzeń wykonujących jednostkowe operacje, takie jak: frezowanie, szlifowanie, usuwanie osadów, wycinanie korzeni drzew, iniekcja lub wtłaczanie zapraw kompozytowych czy elastomerowych, a także wklejanie wewnętrznych plastrów uszczelniających, bądź rękawów. Zakres prac zależy od rodzaju urządzenia i jego generacji oraz współpracujących z robotem „przystawek". Praktycznie poprzez zastosowanie urządzeń tego typu można wykonać każdą naprawę rurociągu, niezależnie, czy jest to uszkodzenie o charakterze miejscowym, czy ciągłym, do odtworzenia sieci kanalizacyjnej włącznie.

13. ZASADY EKSPLOATACJI SYSTEMÓW ROROCIĄGOWYCH

Podstawową zasadą prawidłowej eksploatacji przewodów sieci wodociągowej jest zapewnienie ciągłego dopływu wody, zarówno do sieci, jak i do odbiorców w wymaganej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem. Dlatego też niezbędne jest:

- utrzymywanie przewodów sieci wodociągowych wraz z uzbrojeniem i wyposażeniem w stanie pełnej sprawności technicznej poprzez systematyczną kontrolę i prace konserwacyjne oraz przeglądy,
- usuwanie awarii i uszkodzeń zaistniałych na sieci w czasie eksploatacji,
- monitorowanie on line pracy układu wodociągowego pod względem ilości dostarczanej wody i utrzymywania w sieci wystarczającego ciśnienia oraz właściwej jakości wody,
- przeprowadzanie remontów.

Poza dobrze funkcjonującą służbą eksploatacyjną, prawidłowe funkcjonowanie sieci zależy od inwentaryzacji przewodów wodociągowych, wszelkiego rodzaju uzbrojenia oraz obiektów specjalnych. Na planach sytuacyjnych sieci powinny być naniesione wszystkie przewody wodociągowe, ich średnice i uzbrojenie, w tym szczególnie nazwy ulic. Zasuwy i hydranty powinny być ponumerowane zgodnie z księgami inwentaryzacyjnymi. Co najmniej średniej wielkości systemy wodociągowe powinny być wpisane w system komputerowy firmy zarządzającej sieciami i posiadać odnotowane przy każdej sekcji sieci stosowne informacje ułatwiające sterowanie, analizę i ocenę techniczno-eksploatacyjnych parametrów sieci, szacowanie skutków remontów i zmiany w takiej sytuacji przepływów, np. z powodu wyłączenia fragmentów rurociągów. System wspomagania komputerowego zapewnia usprawnienie sprawozdawczości, jak i formułowanie raportów, ułatwia programowanie robót konserwacyjnych oraz usuwanie uszkodzeń z rejestracją

awaryjności (lub niezawodności) na wiele lat. Sieć wodociągowa wymaga również regulacji w zakresie wielkości przepływów i poziomu ciśnienia, co można osiągnąć przez odpowiednie zdalne sterowanie tymi parametrami, pod warunkiem funkcjonowania w odpowiednim programie ujmującym system do ujęcia wody poprzez jej uzdatnianie, przesył tranzytowy i przesył lokalny (poszczególne ulice, osiedla, bloki). Obserwacja ciśnienia prowadzona w przewodach magistralnych i rozdzielczych w funkcji przepływów wody i spadków ciśnienia daje pogląd na wzrost chropowatości przewodów na skutek długotrwałej eksploatacji.

Eksploatacja sieci kanalizacyjnej danej jednostki osadniczej sprowadza się do ciągłego odbioru ścieków (zużytych wód) powstałych w wyniku działalności życiowej i przemysłowej człowieka (ścieki gospodarczo-bytowe plus przemysłowe) oraz z opadów atmosferycznych (ścieki deszczowe). Zakres funkcjonowania sieci kanalizacyjnych odnosi się do likwidacji wszelkich zapchań i zatorów, czyszczenia wpustów ulicznych, dbania o drożność przykanalików. Zdecydowana większość robót kanalizacyjnych jest prowadzona na ruchu sieci (ścieki płyną) i dotyczy:

- robót przeglądowych – systematyczna kontrola stanu sieci,
- zapobiegania zanieczyszczeniu kanałów, przykanalików i uzbrojenia sieci,
- utrzymywania dobrego stanu przewodów i uzbrojenia, tj. wykonywania drobnych robót remontowych,
- remontu nawierzchni drogowych w okolicach włazów dla spoziomowania włazów z niweletą dróg i ulic.

Inwentaryzacja przewodów kanalizacyjnych różnego rodzaju, uzbrojenia i obiektów specjalnych sieci na planach sytuacyjnych z numeracją, nazwą ulicy i założeniem „metryczki" jest ułatwieniem dla prowadzenia optymalnej eksploatacji w odniesieniu do przeglądów, remontów, statystyki awarii (niezawodności wykonania). Te wszystkie dane powinny być wpisane do programu komputerowego związanego z siecią kanalizacyjną jako elementy służące do analizy zagadnień związanych z pracą i szeroko pojęta eksploatacją.

13.1. Przeglądy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych

Sieci przesyłowe dla różnego rodzaju mediów, niezależnie od zastosowanego materiału, jak i sprawowanych funkcji oraz przynależności właścicielskiej (państwowe, gminne, prywatne) powinny być poddane okresowym kontrolom. Dotyczy to sieci wodociągowych i kanalizacyjnych zewnętrznych oraz wewnętrznych, a także wszelkich sieci odwodnieniowych. Analizę stanu technicznego sieci należy przeprowadzać na podstawie ich kontroli okresowych. W przypadku

instalacji wewnętrznych w budynkach, sieci wodociągowe i kanalizacyjne powinny przynajmniej raz do roku być przeglądane w odniesieniu do przyłącza i przykanalika, w podejściach do pionów i samych pionów, w odcinkach możliwych do obejrzenia. W przypadku sieci wodociągowych przeglądy robocze powinny odbywać się również co roku, najlepiej w okresie jesiennym i późnojesiennym, umożliwiającym także ocenę przygotowania instalacji i jej uzbrojenia (zasuwy, hydranty, zdroje) do okresu zimowego.

W przypadku sieci kanalizacyjnych okresowe przeglądy robocze dla kanałów do średnicy 800 mm powinny odbywać się raz w roku, natomiast przy średnicach wyższych od 800 mm raz na dwa lata. W przypadku sieci kanalizacyjnych okresowo nawodnionych (kanalizacja deszczowa) wskazane są okresowe kontrole uzbrojenia, w tym szczególnie prawidłowości zamknięcia oraz wylotów z sieci do rowów melioracyjnych, cieków czy rzek.

Efektem przeprowadzonych kontroli okresowych i przeglądów roboczych sieci i instalacji, jako analiza stanu technicznego, powinien być stosowny protokół.

13.2. Roboty naprawcze i remontowe

Roboty naprawcze w rodzaju awaryjnych są prowadzone na sieciach wodociągowych i kanalizacyjnych tylko w sytuacji ujawnienia się uszkodzeń na skutek przecieków (sieć wodociągowa) lub okresowych przeglądów, bądź wystąpienia niedrożności (sieć kanalizacyjna). Uszkodzenia tego typu są usuwane według ramowego postępowania podanego w rozdziale 12. niniejszego opracowania. Natomiast prace remontowe sieci odbywają się planowo, a ich przeprowadzenie wynika z analiz protokołów przeglądowych i kwalifikacji technicznej, co do konieczności zadziałania interwencyjnego użytkownika danej sieci. W przypadku sieci wodociągowych takie roboty remontowe obejmują naprawę i/lub wymianę uzbrojenia (zasuwy, hydranty, zdroje). W przypadku sieci kanalizacyjnych takie roboty remontowe obejmują: regulację wysokościową uzbrojenia, naprawę włazów i studni rewizyjnych, wymianę uszkodzonych skrzynek uzbrojenia, włazowych, przewietrznikowych i wpustów ulicznych, wymianę stopni złazowych w studniach, wymianę syfonów wpustów ulicznych. Wymiana uzbrojenia w sieciach wodociągowych każdorazowo wymaga wyłączenia danego odcinka lub większej ilości odcinków z użytkowania, stąd operacje takie powinny być dobrze zorganizowane, z zabezpieczeniem wody dla rejonów dotkniętych jej brakiem. W przypadku remontów w sieci kanalizacyjnej nie wszystkie rodzaje prac będą wymagały wyłączenia danego odcinka sieci z eksploatacji. Jeżeli tak, to sama praca powinna być tak zorganizowana, aby zakorkowany (wyłączony z eksploatacji) odcinek nie spowodował zalania piwnic, nie wyłączone fragmenty sieci stanowiły wystarczający zbiornik

retencyjny lub należy zapewnić sprawne usuwanie gromadzących się ścieków przez wozy asenizacyjne. Same prace remontowe, jak i ich zabezpieczenie powinny odbywać się nadzwyczaj sprawnie. Podczas dużych robót przy sieciach wodociągowych i kanalizacyjnych, trwających dłużej niż 24 godziny, należy zapewnić w miarę ciągłe dostawy wody i odprowadzanie ścieków, przeciwdziałając obniżeniu standardu higieniczno-sanitarnego mieszkańców.

Generalnie, sieci wodociągowe i kanalizacyjne poprzez monitorowanie podstawowych parametrów ich pracy i ewentualne oddziaływanie zarządzającego sieciami na warunki pracy sprawiają, że przewidywalność prac remontowych, nawet z rodzaju napraw awaryjnych, jest większa.

13.3. Warunki samooczyszczania się kanałów

Wymogiem prawidłowej eksploatacji sieci kanalizacyjnej jest zapewnienie występowania w niej warunków samooczyszczania się z zanieczyszczeń stałych – faktycznie osadów. Warunki takie występują z odpowiednią częstotliwością przy prawidłowym doborze spadków kanału. Jednakże z powodów ekonomicznych i technicznych nie jest wskazane projektowanie i realizacja spadków w sposób, który wyeliminowałby jakiekolwiek odkładanie się osadów w sieci, zapewniając ich transport przez całą dobę. Stąd też ustalone zasady projektowania sieci kanalizacyjnych mają zapewnić okresowy transport większości osadów, a jednocześnie odprowadzenie maksymalnych rocznych natężeń przepływu oraz skuteczną wentylację kanałów, co jest ważne podczas usuwania gazów zapachowo-czynnych, faktycznie także zaliczanych do rodzajów samooczyszczania się kanałów. Wskazane jest, aby prędkości samooczyszczania występowały nawet przy minimalnych przepływach i minimalnych napełnieniach. Prędkości te należy rozumieć jako:

- prędkość unoszenia kwalifikowana jako niezamulająca,
- prędkość graniczna kwalifikowana jako rozmywająca.

Prędkość unoszenia jest prędkością średnią w przekroju czynnym kanału, przy której wszystkie cząstki stałe są transportowane jako wleczone (po dnie) lub w postaci zawieszonej. Nie występują przy tej prędkości procesy sedymentacji.

Prędkość graniczna jest prędkością średnią w przekroju czynnym kanału, przy której następuje proces erozji osadów zdeponowanych (zsedymentowanych) przy niższych napełnieniach kolektorów.

Występuje też rodzaj prędkości, którą należy zdefiniować jako prędkość powodującą erozję (mechaniczne niszczenie) kolektora, określaną praktycznie jako maksymalną dopuszczalną w odniesieniu do spadku, a szczególnie zastosowanego materiału.

Według wielu badań i obserwacji przyjęto, że minimalna prędkość przepływu ścieków w kanale, przy jego całkowitym napełnieniu, zapewniająca samooczyszczanie przewodu, wynosić powinna:

- dla kanalizacji deszczowej – 0,6 m/s (0,55 m/s),
- dla kanalizacji sanitarnej – 0,8 m/s (0,70 m/s),
- dla kanalizacji ogólnospławnej – 1,0 m/s (0,90 m/s).

Doniesienia literaturowe wykazują, że stosowanie przewodów kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych pozwala na utrzymanie zjawiska samooczyszczania kanałów przy prędkościach nieco niższych, co podano w nawiasach.

13.4. Rodzaje sprzętu podstawowego do prowadzenia eksploatacji

Eksploatację sieci wodociągowych i kanalizacyjnych w firmach będących użytkownikiem tych instalacji prowadzi najczęściej wydzielony oddział (zespół), pełniący funkcję pogotowia wod.-kan. W zależności od zakresu wykonywanych robót oraz wielkości sieci podlegających użytkowaniu asortyment sprzętu podstawowego oraz specjalistycznego może być bardzo zróżnicowany. Podstawowymi narzędziami stosowanymi do prowadzenia prac związanych z eksploatacją są:

- sprzęt mechaniczny i ręczny do realizacji wykopów,
- pompy – wskazane, aby mogły pompować szlamy (mocno uwodniony grunt),
- aparatura do odmrażania przewodów,
- kompletne zestawy narzędzi do wykonywania wycinek rurociągów i ich ponownego składania w całość,
- urządzenia do dezynfekcji sieci,
- czyszczaki mechaniczne dla czyszczenia przewodów wodociągowych z nagromadzonych osadów,
- zestawy skrobaków rurociągowych,
- samochody asenizacyjne i specjalnego przeznaczenia,
- hydrauliczne aparaty ciśnieniowe wodne do płukania sieci kanalizacyjnej,
- korki do zamykania kanałów,

- trójnogi do transportu pionowego sprzętu i narzędzi,
- sprzęt ochrony osobistej, jak: lampy bezpieczeństwa, pasy szelkowe, aparaty tlenowe, aparatura do wykrywania gazów niebezpiecznych.

Oczywiście asortyment sprzętu podstawowego i specjalistycznego zależny jest od czynników wymienionych na wstępie, ale także od rodzaju materiałów występujących na sieciach. Jeżeli wiek sieci wodociągowych i/lub kanalizacyjnych przekracza 50 lat, to rodzaje materiałów zastosowanych do instalacji są tak różnorodne, że w sposób zasadniczy zwiększają asortyment stosowanego sprzętu i urządzeń. Jeżeli sieć kanalizacyjna została zbudowana z innych przekrojów niż kołowy (jajowy, jajowy podwyższony, gruszka, dzwon itp.), to wymaga to zróżnicowania sprzętu naprawczego i eksploatacyjnego. Tym samym zróżnicowanie sieci w różnych obszarach skutkuje zróżnicowaniem sprzętu i narzędzi.

13.5. Czyszczenie sieci i wyposażenia sieciowego

Czyszczenie sieci wodociągowych sprowadza się zasadniczo do:

- usuwania powstałych w trakcie wielu lat eksploatacji osadów, zarówno z odkładających się zanieczyszczeń mineralnych, jak i wytrącających się związków żelaza i manganu w postaci stałej,
- dezynfekcji przewodów i sieci wynikających z prowadzonych prac naprawczych, związanych z uszczelnianiem fragmentów rurociągów, jak i przedostaniem się z ujęcia wód niepewnych pod względem sanitarnym lub okresowego dezynfekowania systemu wodociągowego na skutek zwiększonej liczebności bakterii i mikroorganizmów, niepożądanych w wodzie do picia.

Czyszczenie sieci wodociągów z osadów polega na zastosowaniu mechanicznych skrobaków „zdejmujących" osady ze ścianek i delikatnym przefrezowaniu powierzchni oczyszczonych dla zmniejszenia współczynnika chropowatości, jak i usunięcia przyczyn tworzenia się „punktów zaczepienia" dla nowych osadów. Procesy czyszczenia mogą być prowadzone wspomnianymi sposobami mechanicznymi, ale także z zastosowaniem środków chemicznych, bezpiecznych dla zdrowia i życia człowieka, skutecznie rozpuszczających powstałe osady. Sposób chemicznego usuwania osadów idealnie nadaje się do rurociągów z tworzyw sztucznych, tym bardziej, że w sytuacjach wysokiej gładkości wewnętrznych ścianek rurociągów, co szczególnie widać podczas oceny wyrobów InstalPlast Łask, odspojenie, a następnie rozpuszczenie nawet najgrubszej warstwy osadów następować będzie bardzo szybko. Jednocześnie zastosowane środki

chemiczne do rozpuszczenia osadów, mając na względzie tabelę 2 zawartą w niniejszym opracowaniu, nie spowodują zniszczenia zarówno struktury, jak i faktury ścianek wewnętrznych rur. Dezynfekcja jako rodzaj czyszczenia sieci może być prowadzona w taki sposób, że metodą jednoczesną (symultaniczną) są usuwane osady i odkażany rurociąg. Prace można prowadzić z wyłączeniem rurociągu lub stosować wyższe dawki dezynfektanta, które nie mają wpływu na organizm człowieka, a powodują postępowanie procesów dezynfekcji, jak i rozpuszczania osadów.

W przypadku czyszczenia sieci kanalizacyjnych czynności z tym związane sprowadzają się do przepychania przykanalików, kanałów, uzbrojenia sieciowego, jak i kolektorów. Na odcinkach, gdzie prędkości przepływu ścieków nie są wielkościami wystarczającymi do transportu zawiesin zachodzi zjawisko odkładania osadów. Są one przyczyną zwiększania oporów przepływu, zmniejszania przepustowości oraz zmniejszania prędkości. Czyszczenie sieci polega na wypłukaniu osadów strumieniem (najlepiej ścieków – oszczędność wody) lub przepuszczeniu przez kanał mechanicznych skrobaków, bądź ręcznego usunięcia osadów (najczęściej w studniach kontrolno--rewizyjnych i ich najbliższym rejonie). Dla relatywnie krótkich odcinków pomiędzy studniami (do 40 m) używa się do udrażniania segmentowych drążków skręcanych lub składanych, zakończonych kulą, pługiem trójkątnym lub dłutem. Rzadziej stosuje się środki chemiczne do rozpuszczania osadów, gdyż w wyniku reakcji mogą one powodować wytwarzanie się w dużych ilościach gazów odorowo-czynnych, negatywnie oddziaływujących na człowieka (załogę) i otoczenie.

Technologia robót i wykonawstwo związane z czyszczeniem sieci i wyposażenia sieciowego to bardzo szeroki zespół problemów i kwestii, który ma swoje miejsce w poradnikach i fachowej literaturze z tego zakresu, a w przedmiotowym opracowaniu został potraktowany, z oczywistych powodów, jedynie hasłowo.

13.6. Bezpieczeństwo pracy w trakcie prowadzenia robót eksploatacyjnych

Zagadnienia bezpieczeństwa układów sieciowych odnosić można do analiz związanych z teorią niezawodności funkcjonowania sieci, ale także do zagrożeń, jakie mogą wystąpić w trakcie prowadzenia prac konserwacyjnych, modernizacyjnych i usuwania awarii w rurociągach i kanałach. W rozważaniach dotyczących bezpieczeństwa eksploatacji sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i odwodnieniowych, trzeba brać pod uwagę zagrożenia związane z występowaniem innych sieci (np. uszkodzenie przewodów gazowych, zerwanie kabli energetycznych itp.), ale w szczególności bezpośrednio dotyczące prowadzonych prac, jak i otoczenia wokół robót. Dlatego też do czynności zmniejszających ryzyko zagrożenia stanu bezpieczeństwa zaliczyć należy:

- ogrodzenie i oświetlenie miejsca robót,
- weryfikację geodezyjnych materiałów inwentaryzacyjnych uzbrojenia podziemnego w terenie,
- lokalizację kabli i przewodów podziemnych,
- wyposażenie personelu obsługującego w sprzęt ochrony osobistej (rękawice, hełmy, linki, nauszniki antydźwiękowe, okulary ochronne itp.),
- prowadzenie prac ziemnych i montażowych zgodnie z przepisami bhp i p.-poż.

W celu zminimalizowania ryzyka występowania zagrożenia bezpieczeństwa niezbędne jest, na etapie projektowania, budowy i eksploatacji, stosowanie nowoczesnych technologii pracy sieci i wysokiej jakości materiałów, stałe szkolenie załogi zajmującej się obsługą i robotami eksploatacyjnymi oraz naprawczymi, ciągły monitoring pracy systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, a także ocena poziomu ich bezpieczeństwa.

14. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA PRODUKOWANYCH SYSTEMÓW W INNYCH LOKALIZACJACH I FUNKCJACH

Rurociągi z tworzyw sztucznych są wykorzystywane głównie do systemów, które w niniejszym opracowaniu zostały w sposób bardzo lub bardziej dokładny zaprezentowane, tj. dla budowy sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, odwodnieniowych i drenażowych. Rury z tworzyw sztucznych mogą być wykorzystywane przy budowie instalacji wewnętrznych wodociągowych i kanalizacyjnych, ale także w instalacjach wewnętrznych ciepłej wody użytkowej, recyrkulacyjnych oraz centralnego ogrzewania. Rury wykonane z PE, będące w asortymencie InstalPlast Łask mogą być wykorzystywane w instalacjach gazowych, a ponieważ są dostosowane do ciśnień roboczych w granicach do 1,0 MPa, to pokrywając zakres ciśnień stosowanych w przesyłach gazu mogą być używane do budowy sieci nisko-, średnio- i wysokociśnieniowych. Bogactwo oferty wyrobów dostępnych na rynku, przeznaczonych do budowy sieci przesyłania paliw gazowych, obejmuje średnice od 25 mm do 500 mm. W komplecie z szeroką gamą kształtek elektrooporowych i bosych daje to nieograniczone możliwości w projektowaniu, doborze i budowie rurociągów gazowych typu przesyłowego, jak i rozdzielczych.

Z kolei duże średnice rurociągów korugowanych lub nawet gładkościennych mogą być wykorzystane do budowy małych oczyszczalni przydomowych (nawet do 10 mieszkańców) w ustawieniu poziomym, jak i pionowym. Oczywiście wymagałoby to zastosowania dodatkowych elementów, takich jak dennice czy plastikowe zamknięcia (dekle), ale ich produkcja, przy już funkcjonującym wielowątkowym profilu InstalPlast Łask, byłaby szybko możliwa do rozpoczęcia. Odcinki rur korugowanych lub gładkościennych o średnicach większych niż 500 mm i długościach

powyżej 6,0 m mogą stanowić zbiorniki retencyjne na wykorzystanie wód deszczowych lub retencję ścieków w instalacjach domowych. Rurociągi z tworzyw sztucznych produkowane przez InstalPlast Łask charakteryzują się brakiem zjawisk korozji chemicznej, występujących w innych materiałach tradycyjnych, właściwym stopniem szczelności, większym stopniem elastyczności (ugięcie zamiast pęknięć) oraz prawidłowym wskaźnikiem ekonomicznym. Takie cechy pozwalają na realizację wielu zewnętrznych i wewnętrznych instalacji przemysłowych, służących do przesyłu ciekłych surowców, produktów, zatężonych pulp i koncentratów, w aspekcie możliwego działania chemicznego przesyłanych cieczy na ściany rurociągów (tabela 2). Ważną cechą jest także trwałość takich instalacji, które aktualnie można zakwalifikować jako 100-letni czas użytkowania według prowadzonych badań i prognoz statystycznych opartych na badaniach.

15. ASPEKTY GEOTECHNICZNE W PROJEKTOWANIU I REALIZACJI SYSTEMÓW RUROCIĄGOWYCH

Wykonywane badania geotechniczne, poprzedzające procedurę projektowania sieci wodociągowych, kanalizacyjnych lub odwodnieniowych, stanowią dużą pomoc i znaczące ułatwienie w aspekcie głębokości posadowienia rurociągów, zastosowania procesów odwadniania (rodzaj tego odwadniania) na czas budowy, sposobu prowadzenia robót, ewentualnej wymiany gruntu i oceny innych czynników. Te wszystkie elementy, które można ocenić jeszcze przed procesem projektowania decydują per saldo o kosztach przedsięwzięcia, a w przypadku celu przedmiotowego opracowania, o wyborze rodzaju rurociągów (materiał, wytrzymałość, sztywność). W budownictwie infrastruktury komunalnej w przypadku obiektów liniowych powszechnie stosuje się uproszczone systemy klasyfikacyjne dla podłoża gruntowego, materiałów zasypowych i poziomu wód gruntowych. Standardowe dokumentacje geotechniczne wymagają interpretacji projektanta, a to nie zawsze okazuje się trafne. Jednocześnie, często z powodów czasowych, zaniedbuje się właściwą ocenę warunków gruntowo-wodnych i dopiero w trakcie realizacji przedsięwzięcia wykonawca zaczyna borykać się z kłopotami związanymi z posadowieniem rurociągów, ich centrycznością (osiowością), co w konsekwencji ma wpływ na szczelność systemu, jego przepustowość i zwyczajną rzecz techniczną, jaką jest równomierny, założony w projekcie, spadek podłużny. Aby przeciwdziałać temu rodzajowi kłopotów podczas doboru rodzaju kanału (rury) należy wziąć pod uwagę problemy geologiczno-inżynierskie sygnalizowane poniżej.

15.1. <u>Znaczenie badań geotechnicznych</u>

Wykonawstwo systemów rurociągowych metodami bezwykopowymi przy realizacji przecisków lub przewiertów sterowanych, a także posadowień obiektów infrastruktury komunalnej z zastosowaniem nowatorskich technik i materiałów wymaga właściwego doboru parametrów projektowania geotechnicznego oraz zastosowania nowych i jednocześnie szybkich badań ośrodka gruntowego. Badania in situ podłoża gruntowego, jak sondowania statyczne lub dylatometryczne czy presjometryczne, oprócz klasycznych odwiertów, pozwalają na wiarygodną ocenę warunków gruntowych, ułatwiającą interpretację. Ponadto wprowadzono trzy kategorie geotechniczne, biorąc pod uwagę takie czynniki, jak rodzaj i wielkość konstrukcji, warunki gruntowo-wodne, wpływ środowiska czy sejsmikę regionalną. Warunki geologiczno-inżynierskie ocenia się jako:

- proste, gdzie występuje teren płaski lub lekko pofałdowany z niewielkimi spadkami powierzchniowymi ($i \leq 2\%$), o ustabilizowanym poziomie wód podziemnych, z występowaniem jednorodnych warstw gruntów niespoistych, co najmniej średnio zagęszczonych lub spoistych, co najmniej plastycznych, z brakiem warstw nienośnych i poziomem wody poniżej posadowienia obiektu,
- złożone, gdzie występuje teren pagórkowaty o spadkach powierzchniowych w przedziale $i = 5\% \div 20\%$, o kilku poziomach wodonośnych, gruntach zróżnicowanych, co do rodzaju, składu i miąższości, o małej nośności, wodzie gruntowej utrzymującej się stale lub okresowo powyżej poziomu posadowienia budowli, o trudnym odwodnieniu,
- skomplikowane, gdzie występuje teren podgórski lub górski ($i \geq 20\%$), bądź doliny lub pradoliny rzek, o złożonej budowie geologicznej, nieciągłych warstwach gruntowych charakteryzujących się zmiennością rodzaju, zróżnicowaną miąższością, gruntami pęczniejącymi lub spoistymi miękkoplastycznymi, tereny w sąsiedztwie osuwisk, szkód górniczych, obszary o kilku poziomach wodonośnych, przeplatających się zwierciadłach stabilnych i napiętych, wody gruntowe o zróżnicowanym składzie chemicznym.

Warunki geologiczno-inżynierskie pozwalają na wstępne zakwalifikowanie danej budowli do określonej kategorii geotechnicznej, co powinno skutkować w sytuacji sieci infrastruktury komunalnej doborem właściwego materiału, wytrzymałości, sztywności, jak i określać sposób prowadzenia robót. W odniesieniu do rodzaju prowadzonego przedsięwzięcia wyróżnić należy:

- kategorię geotechniczną I – w przypadku prostych warunków geotechnicznych i małych, nieskomplikowanych konstrukcji oraz typowych rozwiązań posadowień. W przypadku sieci do Ø 800 mm kanalizacja i Ø 500 mm wodociągi i odwodnienia (dotyczy zbieraczy),

- kategorię geotechniczną II – warunki geotechniczne złożone, sieci o średnicach powyżej wymienionych, przewierty i przeciski powyżej Ø 150 mm – odcinki powyżej 30 m w gruncie nawodnionym (kurzawkowym),
- kategorię geotechniczną III – warunki geotechniczne złożone, konstrukcje duże, nietypowe, objęte ryzykiem ze względu na niestabilny grunt i wysoki poziom wód gruntowych, dotyczy pompowni, także sieciowych, obiektów SUW, oczyszczalni ścieków.

Wyniki badań powinny stanowić kompletną ocenę warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych wzdłuż całej trasy sieciowej i elementów wyposażenia sieci, uwzględniając rozpoznanie podłoża na odcinkach przyszłych wykopów, stateczność skarp, wykorzystanie gruntów do robót ziemnych, nasypów oraz występowania osuwisk. Przeprowadzone wiercenia i sondowania, służące do charakterystyki w/w zakresu informacji, powinny być wykonane w rozstawie podłużnym i poprzecznym, w zależności od średnicy rurociągu i stopnia złożoności podłoża, co zaprezentowano w tabeli 14.

Wytyczne dla realizacji badań geologicznych

Tabela 14

Warunki geologiczno--inżynierskie	**Średnica rurociągu** (mm) **Ø lub przekrój zaślepowy**	**Rozstaw otworów wiertniczych wzdłuż osi trasy** (m)	**Liczba otworów wiertniczych w kierunku poprzecznym do osi rurociągu** (szt.)
1	*2*	*3*	*4*
proste	mniej niż 300	≤ 200	1
	300 ÷ 1200	≤ 150	1
	powyżej 1200	≤ 100	powyżej 1
złożone	mniej niż 300	≤ 150	1
	300 ÷ 1200	≤ 100	2
	powyżej 1200	≤ 70	powyżej 2
skomplikowane	mniej niż 300	< 100	powyżej 1
	300 ÷ 1200	< 70	2
	powyżej 1200	< 50	powyżej 2

Wiercenia badawcze w gruntach rodzimych mineralnych i sondowania nie powinny być mniejsze niż 1,5 m poniżej projektowanej niwelety posadowienia sieci. W gruntach organicznych rodzimych głębokość ta powinna przekraczać 2,0 m. Podczas występowania kategorii geotechnicznej III praktyczne byłoby indywidualne ustalenie zakresu badawczego przez geologa.

Znaczenie przeprowadzonych badań geologicznych i szczegółowe rozeznanie warunków gruntowych, wodnych, ocenę kategorii geotechnicznej, stan jakościowy podłoża, wilgotność

naturalną warstw poniżej stanu nawodnienia, stopień zagęszczania, stopień plastyczności itp. elementy mają znaczący wpływ na:

- koszty fundamentowania budowli sieciowych i koszty całego przedsięwzięcia,
- sposób prowadzenia robót ziemnych – szalowanie,
- wielkość i sposób prowadzenia odwodnień,
- możliwość wykorzystania gruntu rodzimego jako podsypki i zasypki,
- rodzaje stosowanych rurociągów (sztywność obwodowa, wytrzymałość na nacisk),
- parametry kontaktu: grunt – fundament, grunt – materiał sieci.

Właściwie wykonane badania geotechniczne i rozeznanie gruntu, a później ich prawidłowe odczytanie pozwalają w trakcie eksploatacji sieci na praktycznie „wieczne" utrzymanie szczelności budowli, a także znaczący wzrost współczynnika niezawodności pracy sieci, bez względu na czynniki zewnętrzne.

15.2. Stateczność skarp wykopów

Problemy stateczności skarp w wykopach pod instalację sieci wodociągowych lub kanalizacyjnych są w ostatnim czasie marginalne z powodu stosowania szybko montowalnych szalunków. Wykonując jednak roboty ziemne w terenie nieuzbrojonym i wolnym od zabudowy oraz realizując sieci dużych średnic, często wykonawcy korzystają z wykopów szerokoprzestrzennych z odkładem gruntu na jedną ze skarp. I wówczas problem stateczności skarp, w tym tej obciążonej gruntem, staje się niezmiernie ważny. Co prawda nie ma powodu dokonywać obliczeń stateczności skarp jakimś oddzielnym opracowaniem w celu złożenia czasowo, w sposób bezpieczny, nadkładu gruntu, nie mniej należy pamiętać, że duży wpływ na stateczność skarp mają:

- siły hydromechaniczne uruchamiane z powodu wypływu wody z korpusu stałego wykopu,
- wahania zwierciadła wody w gruncie przy prowadzeniu odwodnienia lub zaleganie nawet minimalnej warstwy wody na dnie wykopów,
- sufozja, tj. zjawisko unoszenia ziaren gruntu pod wpływem sił, powodująca lokalne zwiększenie wskaźnika porowatości i osłabienie ośrodka gruntowego,
- wysadziny mrozowe, co wskazuje na konieczność prowadzenia takich robót ziemnych w trakcie dodatnich temperatur powietrza,
- ruch wody w rodzaju opadu, odwodnienia stałe (jw.), odwodnienia awaryjne (okresowe).

Dlatego też, aby przeciwdziałać problemom utraty stateczności skarp, należy: w miarę szybko prowadzić roboty w wykopach szerokoprzestrzennych, szczególnie nawodnionych, grunty z

wykopu składować w bezpiecznej odległości od krawędzi skarpy w taki sposób, aby siły ścinające, wynikające z ciężaru nadkładu i kierunku, nie powodowały zsuwania, procesy odwadniania wykopu realizować z pomocą igłofiltrów i studni (w wykopach) jednocześnie, w celu zasypania wykopu z gotową instalacją nakładać grunt sprzętem od góry, a nie dokonywać zepchnięć nadkładu.

15.3. Odwodnienie

Wykonawstwo robót ziemnych w warunkach wysokiego poziomu wód gruntowych wymaga zastosowania systemów odwodnieniowych chyba, że sieci są realizowane metodami bezwykopowymi (przewiertem sterowanym lub przeciskiem). Przystępując do tego typu zadania należy wziąć pod uwagę aspekty hydrogeologiczne i uwarunkowania prawne. W zasadzie, w przypadku konieczności wykonania odwodnienia na czas realizacji danego przedsięwzięcia przy trudnych warunkach wodnych (kategoria geotechniczna II lub III), dużych ilościach napływających wód czy gruntów nienośnych, występujących w strefie nawodnienia, niezbędne jest wykonanie oddzielnego projektu w fazie projektu budowlanego (do uzgodnień) i projektu wykonawczego (dla realizacji tej części przedsięwzięcia). Realizujący dokumentację geolog i/lub hydrolog powinien wziąć pod uwagę takie elementy, jak:

- rodzaj ośrodka gruntowego,
- charakter poziomu wodonośnego (swobodny, napięty, zasilany przez przesiąkanie, jedno-, bądź wielowarstwowy),
- charakter przepływu wody,
- współczynnik filtracji (k) oraz miąższość warstwy wodonośnej (G).

Elementy te pozwalają na dobór odwodnienia (studnie, drenaże, igłofiltry, odwodnienia wykopowe), ustalenie (obliczenie) skutków odwodnienia (np. promień leja depresji) czy określenie uwarunkowań prawnych typu: konieczność uzyskania pozwolenia wodnoprawnego na pobór wód podziemnych i odprowadzanie ich do odbiornika (ustalonego) w ilości, czasie i ewentualnym stopniu zanieczyszczenia. Jakość wody występującej w sąsiedztwie budowy instalacji jest ważna, gdyż jej skład chemiczny może oddziaływać na strukturę rur i kształtek. Tabela 2, zamieszczona w niniejszym opracowaniu, wskazuje, że materiał rur i kształtek produkowanych przez InstalPlast Łask jest na tyle odporny i strukturalnie obojętny na czynniki chemiczne, że może być bez specjalnych badań stosowany do zabudowy instalacji pozostających w trudnych warunkach wodnych i gruntowych.

W sytuacjach konieczności wykonania drobnych odwodnień (przesiąki, napływy łączeniowe) czy odwodnień awaryjnych (woda w wykopie po opadach), wykonawca powinien posiadać podstawowy sprzęt do odwodnienia i zrealizować odwodnienie na tyle sprawnie, aby odwodnienie awaryjne nie trwało dłużej niż 8 godzin, natomiast odwodnienie z udziałem igłofiltrów lub studni nie naruszało stosunków wodnych obszaru sąsiadującego. W takich sytuacjach zbędna będzie dokumentacja techniczna pn. „Odwodnienie na czas budowy" oraz zgłoszenia typu prawnego (jedynie zapis w Dzienniku budowy).

16. OBLICZANIE STATYCZNE KANAŁÓW I SIECI

Głównym obciążeniem rurociągów i/lub kanałów jest ciężar gruntu ponad budowlą, co ma wpływ na pracę układu rurociąg – ośrodek gruntowy, z uwagi na elastyczność tego pierwszego. Rurociągi z tworzyw sztucznych są dość podatne na ewentualne odkształcenia, a ma to znaczący wpływ na wielkość i rozkład obciążeń wokół przekroju. Grunt jest w tym układzie znaczącym elementem składowym systemu nośnego, a sztywność rury i sztywność podłoża wzajemnie mają wpływ na wartość współczynnika sztywności charakterystycznej całego układu. Odkształcalność rur powoduje, że pierwotny przekrój kołowy, pod wpływem występujących obciążeń, może przyjąć kształt lekko spłaszczonej elipsy. Deformacja pionowa przekroju prowadzi do zmniejszenia maksymalnych obciążeń w górnej jego części, a więc do swoistego odciążenia rurociągu. Pionowe parcie gruntu, wynikające z obciążeń komunikacyjnych i ciężaru własnego gruntu, sprawia występowanie deformacji przekroju i nieznaczne powiększenie średnicy poziomej na skutek powstania lekkiej elipsy. Tym samym wpływ gruntu w strefie ułożenia rury na jej ogólną wytrzymałość jest głównym czynnikiem odróżniającym pracę rurociągu elastycznego (z tworzyw sztucznych) od zachowania się rurociągu sztywnego (z betonu lub kamionki).

16.1. Obciążenia statyczne gruntem

Dla przypadku wykopu szerokiego nieobudowanego, o ścianach pochyłych, adekwatnych do rodzaju gruntu, obciążenie pionowe przewodu przyjmuje się jako równe ciężarowi zasypki nad rurociągiem w pasie o szerokości równej zewnętrznej średnicy rury D_Z, czyli:

$$W = \gamma_o \cdot H \cdot D_Z$$

gdzie:

γ_o – ciężar objętościowy gruntu zasypki (kg/m^3),

H – wysokość przykrycia kanału (m),

D_Z – średnica zewnętrzna kanału (m).

Dla przypadku wykopu obudowanego, o ścianach pionowych, obciążenie przewodu przyjmuje się jako równe szerokości wykopu (w świetle) B_W, zredukowanemu w wyniku występowania parcia między ścianami wykopu, a gruntem zasypki i współczynnika zmniejszającego A, wynikającego z rodzaju gruntu zasypki oraz stosunku H/B_D, tj. wysokości przykrycia kanału (H) do szerokości wykopu w świetle (B_D). Tym samym formuła na obciążenie pionowe wynosi:

$$W = A \cdot \gamma_o \cdot H \cdot B_D$$

W przypadku zastosowania zagęszczenia gruntów na poziomie, co najmniej 0,97 wg skali Proctora należy do obliczeń obciążenia pionowego stosować wzór Kleina:

$$W = A \cdot \gamma_o \cdot H\,(B_D + D_Z) \cdot 0{,}5$$

uwzględniający uśrednioną szerokość pasa zasypki $(B_D + D_Z) \cdot 0{,}5$.

Jeżeli powierzchnia terenu nad wykopem zostanie w sposób dodatkowy zagospodarowana poprzez wykonanie fundamentów, nasypów czy innych elementów sprowadzających się do faktycznie dodatkowego obciążenia, to należy taki przypadek uwzględnić wg wzoru:

$$W_Z = A_0 \cdot q$$

gdzie:

A_0 – współczynnik zmniejszający, odczytany z wykresu, w zależności od rodzaju gruntu zasypki oraz stosunku H/B_D,

q – obciążenie dodatkowe przypadające na 1 mb długości wykopu.

16.2. Obciążenia dynamiczne wywołane ruchem pojazdów

Obliczenia sprawdzające odkształcenia przewodów wykonanych z tworzyw sztucznych należy przeprowadzać w przypadkach, gdy ich ułożenie (posadowienie wysokościowe i lokalizacyjne) sprawia projektantom wątpliwości w aspekcie powstania obciążeń statycznych lub dynamicznych, kiedy:

- przewody są ułożone w gruncie poniżej 1 m od powierzchni terenu lub głębiej niż 6 m pod terenem,
- grunt rodzimy jest o niskiej nośności i klasyfikowany jako torfy, iły, pyły, namuły organiczne itp.

Podstawą prowadzonych obliczeń jest norma PN-EN 1295-1, w której zaprezentowano opisane w załącznikach dwie metody obliczeń, tzw. metodę skandynawską, zwaną metodą Molina, preferowaną szczegółowymi przepisami szwedzkimi oraz metodę niemiecką zawartą w zbiorze reguł ATV.

Obliczenia prowadzone metodą skandynawską są znacznie łatwiejsze w zastosowaniu, gdyż ograniczają się do określenia odkształceń rur, wynikających z ciężaru gruntu i nacisków dynamicznych, wynikających z obciążeń ruchu kołowego. Metoda ta opiera się na formule Spangler'a, ustalając ugięcia przewodów wg równania Molina (vide punkt 11.6.):

$$\frac{\delta_h}{DN} = \frac{f(q)}{SN + S_S}$$

gdzie:

$\frac{\delta_h}{DN}$ - względne początkowe ugięcie rury, a w szczegółach:

δ_h – pionowe ugięcie rury,

DN – nominalna wewnętrzna średnica rurociągu,

f(q) – obciążenie gruntem,

SN – nominalna sztywność obwodowa rury,

S_S – sztywność gruntu.

Z powyższego równania wynika, że ugięcie rury można ograniczyć do dopuszczalnej wartości przez dobór odpowiedniej sztywności rurociągu lub odpowiednią sztywność gruntu, bądź obydwa te czynniki jednocześnie. Jednocześnie należy stwierdzić, że jeżeli rura ma większą sztywność obwodową, w tym w mniejszym stopniu zdaje się na współpracę mechaniczną z gruntem i tym mniejsze jest ryzyko przekroczenia dopuszczalnych ugięć rury, spowodowanych niesolidnym wykonaniem. Z drugiej strony, jeżeli grunt i jego przygotowanie (odpowiednia obsypka i maksymalne jej zagęszczenie) dają odpowiednie wsparcie dla rurociągu, to sztywność rury może być mniejsza.

Wybór postępowania to oczywisty rachunek ekonomiczny, jakkolwiek koszty zakupu odpowiedniej rury z reguły są dla średnich warunków posadowienia instalacji niższe niż koszty super solidnej realizacji obsypki.

Sytuacje ekstremalne posadowienia rurociągu mogą skutkować wykonaniem szczegółowych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych rur w aspekcie obciążeń zewnętrznych naziomu, obciążeń ruchem drogowym w zależności od klasy technicznej drogi w funkcji klasy obciążeń (A, B, C), czy sprawdzaniem stanów granicznych użytkowania. Obliczenia takie należy przeprowadzić

w oparciu o znajomość terenu posadowienia instalacji w aspekcie warunków gruntowo-wodnych, a także z wykorzystaniem badań laboratoryjnych na badanie modułu siecznych gruntu. Należy wziąć pod uwagę, że praktycznie, przy starannym wykonawstwie (zgodnym z dokumentacją techniczną i zasadami posadawiania rur z tworzyw sztucznych), średnie ugięcia początkowe rur nie przekraczają na ogół 5%, a maksymalne dopuszczalne ugięcia początkowe dla rur z PVC wynoszą 8%, a dla rur z PE i PP 9%.

16.3. Sztywność obwodowa rurociągów – dobór

Sztywność obwodowa rur elastycznych z tworzyw sztucznych jest właściwością związaną ze strukturą budowy materiału, jego modułem sprężystości oraz grubością ścianek. Rury układane w gruncie, pracujące bez wewnętrznego ciśnienia (kanalizacja grawitacyjna i podciśnieniowa, odwodnienie) na skutek nacisku gruntu ulegają odkształceniom. Odkształcenia te zależą od sztywności obwodowej rury oraz od sprężystości gruntu otaczającego przewód, a więc od jego właściwości, w tym stopnia zagęszczania (vide równanie Molina – rozdział 16.2.). Sztywność obwodową dla rur o ścianach gładkich można ustalić w oparciu o przyjęte grubości ścianek, które są tak dobierane, aby były proporcjonalne do średnic i usystematyzowane w tzw. **seriach rur (S)**. Iloraz średnicy zewnętrznej rury (D_n) i grubości ścianki (e_n) daje **znormalizowany stosunek wymiarów (SDR)**, tj.:

$$(\mathrm{SDR}) = \frac{D_n}{e_n}$$

gdzie: SDR jest liczbowym oznaczeniem serii rur zaokrąglonym do całości. Natomiast wartość serii rur S wynika ze wzorów:

$$(\mathrm{S}) = \frac{D_n - e_n}{2e_n} \text{ lub } (\mathrm{S}) = \frac{(SDR) - 1}{2}$$

Tak więc, bez względu na średnice zewnętrzne, rury o grubości z tej samej serii i SDR mają ustaloną sztywność obwodową, która określona jest normowo i oznaczona jako SN, wyrażona w kN/m^2.

Ponadto dla rur o ściankach gładkich można również obliczyć początkową sztywność obwodową (obliczeniową) S_C według:

$$\mathrm{S_C} = \frac{E \cdot J}{(D_n - e_n)^3} \qquad \mathrm{J} = \frac{e_n^{\,3}}{R} \qquad \mathrm{S} = \frac{D_N - e_n}{2e_n}$$

wynoszącą po przekształceniach

$$\mathrm{S_C} = \frac{E}{96(S^3)}$$

gdzie:

S_C – początkowa sztywność obwodowa obliczeniowa (kN/m^2),

E – moduł sprężystości (krótkotrwały) przy zginaniu, który wynosi:

- dla PVC-U – E = 3000 MPa,
- dla PEHD – E = 600 ÷ 1200 MPa,
- dla PP – E = 1250 ÷ 1850 MPa,

J – moment bezwładności (mm^3),

D_N – średnica zewnętrzna nominalna (mm),

e_n – grubość ścianki nominalna (mm),

S – seria rur (wielkość bez wymiaru).

Wartość S_C (dla rur gładkich) jest wielkością zbliżoną do nominalnej sztywności obwodowej SN, wynikającej z wartości normowej, sprawdzonej w oparciu o badania laboratoryjne wykonane według PN-EN ISO 9969, którym to badaniom są poddawane partie rur dostarczane przez Producenta według określonego harmonogramu postępowania.

Projektant natomiast podczas doboru sztywności obwodowej rur powinien przeanalizować takie zagadnienia, jak:

- kwalifikacja gruntu rodzimego w celu możliwości użycia go do zasypki wstępnej w strefie ułożenia przewodu,
- celowość użycia gruntu obcego w strefie ułożenia przewodu na podsypkę i zasypkę wstępną,
- konieczność zabezpieczenia gruntu obcego geowłókniną o dobranej i przemyślanej gramaturze,
- określenie zdolności do zagęszczania gruntu użytego w obszarze ułożenia przewodu oraz staranności wykonania prac ziemnych przez wykonawcę,
- przeprowadzenie analizy ekonomicznej celowości użycia gruntu obcego lub rodzimego w strefie bezpośredniej przewodu, w odniesieniu do doboru sztywności obwodowej rurociągu (vide punkt 16.2.).

Analizując zapis normy PN-EN 1610 w odniesieniu do własności materiałów gruntowych stosowanych na podsypkę lub zasypkę w wykopie, można dokonać wstępnej klasyfikacji gruntów pod względem ich przydatności do użycia według tabeli 15.

Klasyfikacja materiału gruntowego

Tabela 15

Grupa gruntów	Typ gruntu	Opis	Możliwość użycia w strefie ułożenia przewodu

1	*2*	*3*	*4*
1	granulowany	Materiał sortowany – żwir, tłuczeń o wymiarach ziaren: 4÷8 mm, 4÷16 mm, 8÷12 mm, 8÷22 mm przy dopuszczalnej ilości ziaren 2 mm ok. 20%. Materiał jedno- lub wielofrakcyjny, mocny, mineralny.	tak
2	granulowany	Materiał sortowany na bazie pospółki, piasku i żwiru o wymiarach ziaren do 22 mm, zawierający do 20% piasku o zawartości drobnych pyłów poniżej 3%. Podatny na zagęszczanie.	tak
3	granulowany	Piaski drobnoziarniste, żwiry zaglinione, mieszaniny o różnym uziarnieniu, nie sortowane, o zawartości pyłów do 5%.	tak
4	spoisty	Grunty złożone z pyłów, glin, iłów pylastych o średniej i dużej plastyczności, mające niską sprężystość.	tak
5	organiczny	Torfy, iły pylaste, pyły zawierające znaczną ilość substancji organicznych (powyżej 11%).	nie
6	miękki organiczny	Grunty bardzo ściśliwe – torfy, namuły, osady w starorzeczach cieków, grunty podlegające syfozji o ściśliwości w przedziale 0,2÷2,0 MPa	nie nadaje się

W przypadku zastosowania mieszaniny gruntów do zasypki rurociągu należy zastosować dodatkowe kryteria takie, jak:

- maksymalna wielkość cząstek podana w tabeli 16 odpowiadająca średnicy rurociągu,

Maksymalna wielkość cząstek gruntu

Tabela 16

Średnica nominalna (DN)	**Maksymalna wielkość** (mm)
DN < 100	15
100 ≤ DN < 300	20
300 ≤ DN < 600	30
600 ≤ DN	40

- współczynnik nierównomierności $K\left(\frac{d_{60}}{d_{10}}\right) \leq 2{,}0$,
- nie zawiera materiału zamarzniętego,
- nie zawiera odpadów.

Na potrzeby oceny jakości wykonania zagęszczania przyjęto trzy klasy zaprezentowane w tabeli, w której podano możliwy do uzyskania stopień zagęszczania gruntu w % wartości wg Proctora, w zależności od jakości wykonania zagęszczenia dla danej grupy gruntu.

Współczynniki zagęszczania gruntu

Tabela 17

Klasyfikacja jakości	**Wskaźnik zagęszczania** (%) **Proctora**

polski/angielski	Grupa gruntów			
	4	**3**	**2**	**1**
1	*2*	*3*	*4*	*5*
bez zagęszczania / not (N)	75 do 80	79 do 85	84 do 89	90 do 94
umiarkowane / moderate (M)	81 do 89	86 do 92	90 do 95	95 do 97
wysokie, dobre / well (W)	90 do 95	93 do 96	96 do 100	98 do 100

W tabeli 18 zaprezentowano zalecaną nominalną sztywność obwodową rur (SN) przeznaczonych do układania na terenach bez ruchu drogowego, w zależności od rodzaju gruntu użytego w strefie ułożenia przewodu w wykopach na terenach, gdzie występują grunty rodzime, które ujęto w tabeli 15. Przy zagłębieniu przewodów poniżej 3 m należy szczególną uwagę zwrócić na wykonanie zagęszczenia gruntów w strefie ułożenia przewodów.

Minimalna zalecana sztywność obwodowa rur do układania na terenach bez obciążenia ruchem drogowym

Tabela 18

Grupa gruntu użytego w strefie ułożenia przewodu	**Klasyfikacja wykonania zagęszczenia wg tabeli 17**	**Minimalna sztywność obwodowa**					
		Głębokość ułożenia przewodu 1 ÷ 3 m					
		Klasyfikacja gruntu rodzimego					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
1	W	4	4	4	4	4	5
	M	4	4	4	4	5	6,3
	N	4	4	4	4	8	10
2	W		4	4	4	5	5
	M		4	4	5	6,3	6.3
	N		4	6,3	8	8	*
3	W			4	6,3	8	8
	M			6,3	8	10	*
	N			*	*	*	*
4	W				6,3	8	8
	M				*	*	*
	N				*	*	*
Głębokość ułożenia przewodu 3 ÷ 6 m							
1	W	4	4	4	4	5	6,3
	M	4	4	4	5	6,3	8
2	W		4	4	5	8	8
	M		5	5	8	10	*
3	W			6,3	8	10	*
	M			*	*	*	*

4	W M				* *	* *	* *

* - oznacza konieczność przeprowadzenia obliczeń

W przypadku układania przewodów w pasie drogowym roboty ziemne powinny być wykonane zgodnie z PN-S-02205. Należy dokonać klasyfikacji gruntów występujących poniżej strefy przemarzania, w której układane są instalacje oraz ustalić grupę gruntów w strefie samego ułożenia przewodów. Zasypki przekopów poprzecznych wąskoprzestrzennych przez ciągi jezdne do głębokości 1,20 m powinny uzyskać wskaźnik zagęszczenia 1,00, w głębszych warstwach dopuszcza się 0,97, pod warunkiem stosowania środków łagodzących osiadanie. W zależności od klasy drogi podłoże gruntowe, w którym są ułożone przewody musi mieć odpowiednie zagęszczenie. Dla autostrad i dróg ekspresowych zagęszczenie gruntu w nasypach powinno wynosić 0,97, dla dróg o ruchu ciężkim i bardzo ciężkim wskaźnik zagęszczenia powinien wynosić nie mniej niż 0,95, natomiast dla dróg o ruchu lekkim i średnim wskaźnik minimalny zagęszczenia powinien wynosić 0,92. Przy wymaganych zagęszczeniach gruntu klasyfikacja wykonywania prac zagęszczających powinna być określona jako W (wysoka / well). W tabeli 19 podano minimalną sztywność obwodową rur kanalizacyjnych możliwych do układania w pasie drogowym o różnych warunkach występowania gruntu rodzimego.

Zalecana minimalna sztywność obwodowa rur kanalizacyjnych
do układania w pasie drogowym

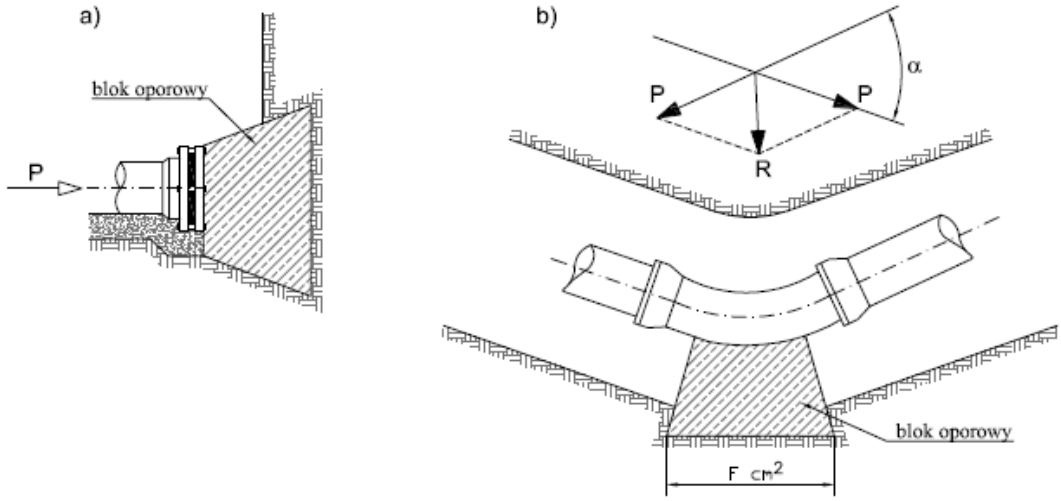
Tabela 19

Grupa gruntu użytego w strefie ułożenia przewodu	**Klasyfikacja wykonania prac zagęszczających podana w tabeli 17**	**Minimalna sztywność obwodowa** **Głębokość ułożenia przewodu 1 ÷ 3 m** **Klasyfikacja gruntu rodzimego**					
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
1	W	4	4	6,3	8	10	*
2	W		6,3	8	10	*	*
3	W			10	*	*	*
4	W				*	*	*
Głębokość ułożenia przewodu 3 ÷ 6 m							
1	W	4	4	4	4	5	6,3
2	W		4	4	5	8	8
3	W			6,3	8	10	*
4	W				*	*	*

* - oznacza konieczność przeprowadzenia obliczeń z analizą celowości zastosowania zbrojenia z geotekstyliów

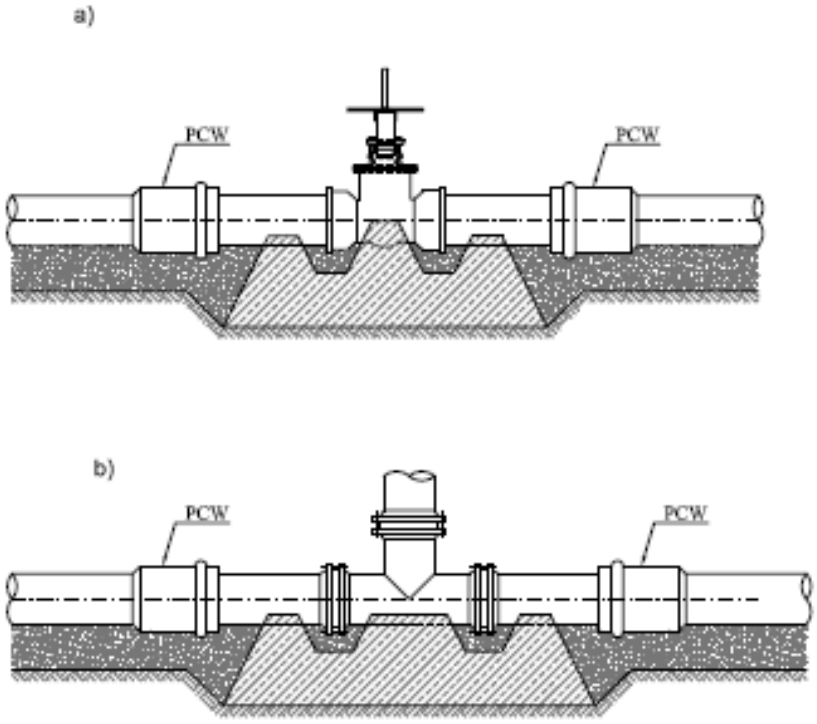
16.4. Bloki oporowe

Dla zabezpieczenia ułożonego w wykopie przewodu wodociągowego lub kanalizacyjnego (kanalizacja ciśnieniowa) przed wysunięciem się bosego końca rury z kielicha względnie wyboczeniem z osi trasy, co może wystąpić przy kolanach, łukach, trójnikach i korkach kielichowych, na końcówkach przewodu stosuje się bloki oporowe dla przeniesienia na grunt sił osiowych występujących w rurociągu. Bloki oporowe mogą być prefabrykowane lub wykonane na miejscu budowy z betonu, pod warunkiem dokładnego oparcia ich o grunt nienaruszony. W miejscu bloków oporowych mogą być zastosowane wzmocnienia złącz kielichowych, jako wzmocnienia sztywne, przenoszące siły parcia. Przykładowe rozwiązania bloków oporowych dla charakterystycznych odcinków sieci pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Przykładowe rozwiązania bloków oporowych: a) korka na końcówce przewodu, b) kolana lub łuku

Biorąc pod uwagę znaczące różnice w ciężarze rur PVC w przewodzie i kształtek oraz armatury żeliwnej, bądź stalowej, co sprawia występowanie różnej wielkości parcia na podłoże w dnie wykopu, dla przeciwdziałania temu zjawisku, które może spowodować wysunięcie się (wyboczenie) uzbrojenia sieci są stosowane bloki podporowe. Przykładowe rozwiązania bloków podporowych dla wybranych elementów sieci pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Przykładowe rozwiązania bloków podporowych dla: a) zasuwy żeliwnej kielichowej z króćcami przejściowymi na rury PVC-U, b) trójnika żeliwnego z króćcami przejściowymi na PVC-U

Do obliczeń powierzchni oporowej bloków oporowych przyjmuje się powierzchnię średnic wewnętrznych rur z PVC-U. Wielkość bloków oporowych – powierzchnię styku bloków betonowych z naturalnym, nienaruszonym podłożem gruntu, w zależności od rodzaju gruntu, należy obliczać na przyjęte w projekcie wodociągu ciśnienie próbne. Dla ułatwienia procesów projektowania i/lub wykonawstwa dla rurociągów ciśnieniowych z tworzyw sztucznych można przyjmować typowe rozwiązania bloków betonowych dla rur żeliwnych, zgodnie z Projektem technicznym powtarzalnym, wykonanym przez Centrum Techniki Budownictwa Komunalnego z Warszawy. Projekt ten obejmuje bloki oporowe betonowe dla średnic nominalnych w przedziale 80 ÷ 500 mm, w następujących warunkach:

- przy zmianie trasy o kąt 11^0, 15^0, 22^0, 30^0, 45^0, 90^0,
- przy trójnikach,
- przy korkach, w których ciśnienie nie przekracza 1 MPa,
- dla dwóch głębokości posadowienia: 1,50 m dla I i II strefy przemarzania oraz 1,75 m dla III i IV strefy przemarzania,
- uwzględniono dwa rodzaje gruntów: spoisty i niespoisty,
- posadowienie bloków powyżej zwierciadła wody gruntowej.

Przy takiej różnorodności rozwiązań można wybrać i adaptować rozwiązanie dla swoich potrzeb, przenosząc bez błędów przyjęte w założeniach wielkości do projektowania.

17. PODSTAWY PRAWNE, FACHOWA LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA, NORMY, ATESTY, APROBATY TECHNICZNE, CERTYFIKATY UE

Przedmiotowe opracowanie powstało, m.in. w wyniku analizy w/w pozycji prawnych, literaturowych – fachowych oraz towarzyszących. W przypadku bardziej szczegółowego i wnikliwego podejścia do kwestii związanych z projektowaniem, wykonaniem i odbiorem instalacji rurociągowych, firma InstalPlast Łask poleca sięgnięcie do następujących opracowań, stanowiących uzupełnienie zaprezentowanych zagadnień:

- **Fachowa literatura uzupełniająca**

- Materiały techniczne firmy InstalPlast Łask,
- Denczew S., Królikowski A.: Podstawy nowoczesnej eksploatacji układów wodociągowych i kanalizacyjnych. Arkady, 2002,
- Bolt A. i inni: Kanalizacja. Projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wydawnictwo Seidel – Przywecki, 2012,
- Błaszczyk W., Stamatello H.: Budowa miejskich sieci kanalizacyjnych. Arkady, Warszawa, 1975,
- Imhoff K., Imhoff K-R.: Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik. Arkady, Warszawa, 1982,
- Kuliczkowski A.: Kryteria doboru i trwałości rozwiązań materiałowych rur. GWiTS 4/2002,
- Edel R.: Odwodnienia drogowe. WKiŁ, Warszawa, 2008,
- Janson E., Molin J.: Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych. Wavin, Arhus, 1991,
- Janson L-E.: Rury z tworzyw sztucznych do zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków. BOREALIS i Polskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych, Toruń, 2010,
- Kuliczkowski A., Kuliczkowska E.: Odkształcalność – istotną zaletą rur z tworzyw sztucznych. GWiTS 5/2002,
- Kuliczkowski A.: Nowe rozwiązania rur polietylenowych. Przegląd Komunalny 5/2004,

- Chudzicki J., Sosnowski St.: Instalacje wodociągowe. Projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wydawnictwo Seidel – Przywecki, 2011,
- Chudzicki J., Sosnowski St.: Instalacje kanalizacyjne. Projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wydawnictwo Seidel – Przywecki, 2011,
- Warunki techniczne wykonania i odbioru rurociągów z tworzyw sztucznych. Wydawnictwo Polska Korporacja Techniki Sanitarnej, Grzewczej, Gazowej i Klimatyzacji, Warszawa, 1996,
- Kuliczkowski A.: Problemy bezodkrywkowej ochrony przewodów kanalizacyjnych. Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 1998,
- Zakłady Tworzyw Sztucznych „Gamrat" S.A. Jasło: Instrukcja projektowania, montażu i układania rur PVC-U i PE. Jasło, 2000,
- Lilati A. i inni: Charakterystyka osadów w wybranym systemie kanalizacji grawitacyjnej. Proceedings of EC. Opole, nr 1, 2009,
- Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia drogowych konstrukcji oporowych. Wyd. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, 2009,
- Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia dróg oraz przystanków komunikacyjnych. Wyd. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, 2009,
- Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci wodociągowych. Wymagania techniczne COBRTI Instal (zeszyt 3), 2001,
- Warunki techniczne wykonania i odbioru sieci kanalizacyjnych. Wymagania techniczne COBRTI Instal (zeszyt 9), 2003,
- Kwacz M., Zadrosz J.: Wszechstronne możliwości systemów z tworzyw sztucznych. Nowoczesne budownictwo inżynieryjne, 2008,
- Przykłady zastosowań systemów rurowych z tworzyw sztucznych w sieciach podziemnych. www.inzynierbudownictwa.pl. Wrzesień 2015,
- Wartalski A., Wartalski J.: Projektowanie hydrauliczne rurociągów z tworzyw sztucznych. Ochrona Środowiska nr 1, 2000.

➢ **Normy**

- Niemiecki zbiór reguł ATV: Ścieki – Odpady. Wytyczna ATV-A116P. Specjalne systemy kanalizacji. Kanalizacja podciśnieniowa – kanalizacja ciśnieniowa, 1992,
- Niemiecki zbiór reguł ATV: Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych. Wytyczna ATV-A127P, 2000,

- Niemiecki zbiór reguł ATV: Hydrauliczne wymiarowanie systemów odwadniających. Wytyczna ATV-A118P, 1999,
- PN-92/B-01706: Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu,
- PN-92/B-01707: Instalacje kanalizacyjne. Wymagania w projektowaniu,
- PN-EN 476: Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w kanalizacji grawitacyjnej,
- PN-EN 1610:2002: Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych. Rury z tworzyw sztucznych, ich charakterystyki oraz zakres stosowania,
- PN-EN 13598-1: Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnej, bezciśnieniowej kanalizacji deszczowej i sanitarnej. Nieplastyfikowany polichlorek winylu (PVC-U), polipropylen (PP) i polietylen (PE). Część 1: Specyfikacje kształtek pomocniczych wraz z płytkimi studzienkami inspekcyjnymi,
- PN-EN 13598-2: j.w. Część 2: Specyfikacje studzienek włazowych i niewłazowych instalowanych w obszarach ruchu kołowego, głęboko pod ziemią,
- PN-ENV 1046:2007: Systemy z tworzyw sztucznych. Systemy do przesyłania wody i ścieków na zewnątrz konstrukcji budowli. Praktyczne zalecenia układania przewodów pod ziemią i nad ziemią,
- PN-B 10729: Kanalizacja – Studzienki rewizyjne,
- Niemiecki zbiór reguł ATV: Zasady eksploatacji kanałów ściekowych. Wytyczna ATV-A140P, 1990,
- PN-S-02205: Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Terminologia, wymagania i badania, 1998,
- PN-S-02204: Drogi samochodowe. Odwodnienie dróg, 1997,
- PN-EN 1401-1:1999: Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Podziemne, bezciśnieniowe systemy przewodowe z niezmiękczonego polichlorku winylu (PVC-U) do odwadniania i kanalizacji. Wymagania dotyczące rur, kształtek i systemu,
- 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),
- PN-EN124:2000: Zwieńczenia wpustów i studzienek kanalizacyjnych do nawierzchni dla ruchu pieszego i kołowego. Zasady konstrukcji, badania typu, znakowanie, sterowania jakością,

- 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,

- PN-EN 13476-3 +A1:2009: Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego, bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastyfikowanego polichlorku winylu (PVC-U), Polipropylenu (PP) i polietylenu (PE). Część 3. Specyfikacje rur i kształtek o gładkiej powierzchni wewnętrznej i profilowanej powierzchni zewnętrznej oraz systemy typu B,

- PN-EN 932:1999: Badania podstawowe właściwości kruszyw. Część 1 ÷ 5,

- PN-EN 933:2000: Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 1 ÷ 8,

- PN-EN1097:2001: Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 1 ÷ 5,

- PN-EN 752:2000: Zewnętrzne systemy kanalizacyjne. Część 1 ÷ 7,

- PN-EN 1295-1:2002: Obliczenia statyczne rurociągów ułożonych w ziemi w różnych warunkach obciążenia,

- BN-89/9191-16/06: Drenowanie. Projektowanie. Wymiarowanie zbieraczy,

- PN-B-10736: Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych. Warunki techniczne wykonania,

- PN-EN 805:2002: Zaopatrzenie w wodę – Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych,

- PN-EN-1452-1÷5:2000: Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych – Systemy przewodowe z niezmiękczonego polichlorku winylu (PVC-U) do przesyłania wody,

- ZAT/97-01-001: Rury i kształtki z polietylenu (PE) i elementy łączące w rurociągach ciśnieniowych do wody.

➢ **Podstawy prawne** (stan na dzień 30.11.2015 r.)

- **Ustawa** z dn. 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 z późn. zmianami);

- **Ustawa** z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2013 r., poz. 21 z późn. zmianami);

- **Ustawa** z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (tekst jednolity Dz. U. z 2012 r., poz. 391 z późn. zmianami);

- **Ustawa** z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (tekst jednolity Dz. U. z 2015 r., poz. 469);

- **Ustawa** z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z 2013 r. poz. 1409 z późn. zmianami);

- **Ustawa** z dnia 07 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (tekst jednolity Dz. U. z 2015 r., poz. 139);

- **Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2005 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, których wprowadzenie w ściekach przemysłowych do urządzenia kanalizacyjnego wymaga uzyskania pozwolenia wodnoprawnego (Dz. U. Nr 233, poz. 1988 z późn. zmianami; Dz. U. z 2008 r., Nr 229, poz. 1538);

- **Rozporządzenie** Rady Ministrów z dn. 09 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. Nr 213, poz. 1397 ze zmianami, Dz. U. z 2013 r. poz.817);

- **Rozporządzenie** Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 ze zmianami; Dz. U. z 2003 r., Nr 33, poz. 270; Dz. U. z 2004 r., Nr 109, poz. 1156; Dz. U. z 2008 r., Nr 201, poz. 1238 i Nr 228, poz. 1514; Dz. U. z 2009 r., Nr 56, poz. 461, Dz. U. z 2010 r., Nr 239, poz.1597; Dz. U. z 2012 r., Nr 0, poz. 1289; Dz. U. z 2013 r., poz. 926);

- **Obwieszczenie** Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 169, poz. 1650);

- **Rozporządzenie** Rady Ministrów z dnia 14 października 2008 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska (Dz. U. Nr 196, poz.1217);

- **Rozporządzenie** Ministra Infrastruktury z dn. 14 stycznia 2002 r. w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody (Dz. U. Nr 8, poz. 70);

- **Rozporządzenie** Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2014 r., poz. 1800);

- **Rozporządzenie** Ministra Budownictwa z dn. 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. Nr 136, poz. 964);

- **Dyrektywa** Rady Europy 85/337/EWG z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne;

- **Dyrektywa** Parlamentu Europejskiego i Rady Europy 2001/42/WE z dnia 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko;

➢ **Aprobaty techniczne**

- Aprobata techniczna ITB AT-15-8981/2012 dla rur i kształtek InCor® SN 12 o ściance strukturalnej z polipropylenu (PP) przeznaczonych do sieci kanalizacyjnych bezciśnieniowych wydana dla InstalPlast-Łask w 2012 r.

18. ZAŁĄCZNIKI