

# Przygotowanie projektu sieci ciepłowniczej preizolowanej w osłonie PE-HD układanej bezpośrednio w gruncie. Część I

Preparation of construction of preinsulated district heating networks in PE-HD casing laid directly in the ground. Part I

EWA KRĘCIELEWSKA, ARTUR STAROBRAĆ, IRENEUSZ IWKO

DOI 10.36119/15.2025.5.3

Wysoką jakość inwestycji związanej z budową i późniejszą eksploatacją rurociągów ciepłowniczych zapewnia wykonanie jej na podstawie właściwie opracowanej dokumentacji projektowej, która:

- powinna zawierać wszystkie informacje wymagane do prawidłowego wykonania robót,
- będzie wystarczająco szczegółowa, aby zapewnić możliwość realizacji zamierzenia budowlanego zgodnie z założoną i oczekiwaną jakością.

Po zakończeniu inwestycji powinna być wykonana szczegółowa dokumentacja powykonawcza. W artykule opisano konieczne do wykonania prace i ich zakres umożliwiające wykonanie poprawnej dokumentacji projektowej sieci ciepłowniczej preizolowanej.

*Słowa kluczowe: sieci ciepłownicze preizolowane, dokumentacja projektowa*

A high quality of the investment related to the construction and subsequent operation of district heating pipelines is ensured by performing it on the basis of properly developed project documentation, which:

- should contain all the information required for proper execution of the works,
- be sufficiently detailed to ensure that the construction project can be carried out in accordance with the assumed and expected quality.

After the investment is completed, detailed post-construction documentation should be prepared. The article describes the necessary work and its scope, enabling the preparation of correct design documentation for a pre-insulated heating network.

*Keywords: preinsulated district heating networks, design documentation*

## Prace wstępne

Materiałem wyjściowym są wydane przez gestora sieci ciepłowniczej warunki techniczne.

Przed przystąpieniem do wykonania dokumentacji projektowej, wskazane jest przeprowadzenie prac wstępnych obejmujących ocenę wszystkich warunków istotnych dla projektu sieci ciepłej. Działania te powinny wyjaśnić wszystkie kwestie w fazie planowania, projektowania, wykonania, jak również konsekwencje wszelkiego rodzaju awarii systemu.

Im bardziej szczegółowo przeprowadzone będą prace wstępne, tym lepszy będzie wynik techniczny i ekonomiczny realizowanego zamierzenia.

Podstawą prac wstępnych jest określenie danych dotyczących:

- przeznaczenia;
- ciśnienia i temperatury;
- wymiarów rurociągu,
- warunków gruntowych,

- robót ziemnych,
  - przykrycia rurociągu,
  - stosowanych materiałów,
  - odległości od innej infrastruktury, budynków i drzew,
  - parametrów geotechnicznych i poziomu wody gruntowej.
- Ponadto powinny one obejmować:
- warunki pracy systemu, w tym spodziewane zmiany temperatury i ciśnienia czynnika grzewczego w okresie eksploatacji systemu;
  - wymagania dotyczące bezpieczeństwa dostaw ciepła;
  - możliwe warianty projektowanej trasy sieci ciepłej,
  - wewnętrzne i zewnętrzne obciążenia i odkształcenia mogące wystąpić w trakcie eksploatacji,
  - konsekwencje możliwych awarii,
  - wymagania władz lokalnych, w tym aspektów środowiskowych i własnościowych,
  - możliwe metody instalacji rur.

## Zawartość dokumentacji projektowej

### Zawartość formalna wynikająca z ustawy prawo budowlane

Na podstawie Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [1] i rozporządzenia [2], wprowadzony został nowy podział projektu budowlanego<sup>1</sup> służącego do realizacji zamierzenia budowlanego.

Ustawa oraz Rozporządzenie<sup>2</sup> dzielą obecnie projekt budowlany na 4 części:

1. Projekt zagospodarowania terenu (PZT).
2. Projekt architektoniczno – budowlany (PAB).
3. Załączniki (ZL).
4. Projekt techniczny (PT).

<sup>1</sup> Projekt budowlany – zbiór wymaganych dokumentów i projektów podlegający prawnemu zatwierdzeniu przedstawiający plany inwestycji budowlanej w formie i zakresie określonym w odpowiednim rozporządzeniu stanowiący część dokumentacji budowy, którego zawartość określa ustawa Prawo budowlane

<sup>2</sup> zmiana ostateczna z dniem 14.09.2022

W przypadku sieci ciepłych, należy liczyć się z przygotowaniem wszystkich czterech części projektu budowlanego, przy czym – dla potrzeb uzyskania pozwolenia na budowę lub zgłoszenia robót – do instancji rozpatrującej wnioski przekazuje się dokumentację projektową bez PT.

Wymóg posiadania przez inwestora PT, który opisuje szczegółowo sposób wykonania poszczególnych elementów realizowanego obiektu, pojawia się (zgodnie z ustawą Prawo Budowlane) na etapie przystępowania do realizacji zamierzenia budowlanego.

Z uwagi na to, że zastosowana technologia, materiały oraz szczegóły rozwiązań mają wpływ na wytrzymałość, trasę i profil sieci ciepłej, w celu zabezpieczenia interesu Inwestora i wyeliminowania ryzyka wystąpienia znacznych odstępstw, wskazane jest, aby projekt techniczny (PT) wykonywany był jednocześnie z pozostałymi etapami Projektu Budowlanego przez tą samą jednostkę projektującą.

#### Projekt zagospodarowania terenu<sup>3</sup>

PZT ukierunkowany jest przede wszystkim na:

- opis,
- zagospodarowanie istniejące i projektowane,
- znaczenie historyczne
- ukształtowanie terenu, na którym zamierzona jest lokalizacja obiektu budowlanego – sieci ciepłej (s.c.),
- występujący układ komunikacyjny,
- występującą zielenią,
- możliwość ochrony przeciwpożarowej, a także, przedstawienie informacji na temat:
- obszaru oddziaływania obiektu budowlanego,
- wpływu realizowanej s.c. na środowisko, higienę i zdrowie użytkowników,
- podstawowych danych realizowanego obiektu budowlanego, parametrów materiałów stosowanych do realizacji zamierzenia budowlanego,
- oceny ryzyka związanego z realizacją i eksploatacją s.c.

Zawarta w PZT część graficzna jest ograniczona zazwyczaj do przedstawienia przebiegu sieci w terenie.

#### Projekt architektoniczny – budowlany<sup>4</sup>

W PAB, oprócz określenia kategorii obiektu budowlanego, powinny zostać przedstawione:

- sposób użytkowania obiektu,
- układ przestrzenny,

- usytuowanie w terenie w stosunku do innych występujących obiektów inżynierskich i układów zieleni,
- dostosowanie do warunków wynikających z odrębnych przepisów i uzgodnień,
- charakterystyka realizowanej s.c.,
- opinia geotechniczna wykonana na podstawie odrębnych przepisów,
- warunki ochrony przeciwpożarowej,
- występujące odstępstwa od przepisów techniczno-budowlanych,
- parametry techniczne charakteryzujące wpływ obiektu budowlanego na środowisko, obiekty sąsiednie i na zdrowie ludzi,
- profile i przekroje,
- wytyczne dotyczące m.in. odpowietrzania, odwadniania, armatury czy komór współpracujących z projektowaną s.c.

#### Załączniki<sup>5</sup>

Załączniki stanowią osobną, integralną część, posiadającą własny spis zawartości i indywidualną numerację. Oprócz informacji do planu BiOZ powinny one zawierać, wszelkie uzyskane decyzje administracyjne i uzgodnienia mające wpływ na przebieg i układ przestrzenny projektowanej s.c., między innymi:

- decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach inwestycji (jeśli jest wymagana),
- decyzję o lokalizacji inwestycji celu publicznego (jeśli jest wymagana),
- warunki zabudowy terenu (jeśli są wymagane),
- decyzje zarządców układów komunikacyjnych (jeśli są wymagane),
- uzgodnienia lokalizacyjne,
- decyzje dopuszczające zastosowanie odstępstwa od przepisów techniczno-budowlanych (jeśli występują),
- opinie konstrukcyjne (jeśli występują),
- opinię geotechniczną,
- opinię geologiczną – górnictwem (jeśli jest wymagana),
- decyzje właściwych dla danego terenu konserwatorów zabytków (jeśli są wymagane).

#### Projekt techniczny<sup>6</sup>

PT powinien zawierać wszystkie informacje techniczne i rysunki umożliwiające realizację zaprojektowanej s.c. bez konieczności dodatkowych rozważań natury technicznej:

- rozwiązania szczegółowe, dotyczące poszczególnych branż związanych z realizacją obiektu,

- charakterystykę sieci ciepłej,
- charakterystykę stosowanych materiałów,
- szczegółowe opracowania konstrukcyjne,
- informacje geotechniczne,
- obliczenia,
- zestawienia materiałowe.

#### Zawartość związana z technicznym zakresem realizacji inwestycji

Większość informacji związanych z realizacją sieci ciepłej, powiązanych z nią obiektami czy urządzeniami, które zostały zawarte w opracowaniach etapów PZT i PAB, powinno znaleźć swoje odzwierciedlenie w PT.

#### Informacje dotyczące projektowanego obiektu

- w przypadku projektów klasy „C” – przewidywany okres użytkowania,
- parametry eksploatacyjne rurociągów – ciśnienie i temperatura nośnika ciepła w sezonie grzewczym i poza sezonem, maksymalna dopuszczalna wartość naprężeń osiowych oraz dopuszczalna wartość naprężeń zredukowanych zależną od przyjętej klasy rurociągów,
- wymiary rurociągów – średnice, grubości ścianek zarówno rur przewodowych jak i osłon,
- dane dotyczące armatury i kształtek,
- długość sieci ciepłej z podziałem na średnice oraz technologie wykonania,
- dane dotyczące charakterystycznych miejsc na trasie s.c., poziomego i pionowego ułożenia rurociągów względem innych obiektów – rurociągów, kabli, budynków – czy przeszkód terenowych,
- wymagane dane geotechniczne,
- powierzchnia zabudowy liczoną jako suma powierzchni zajmowanej przez rurociągi (wraz z przestrzenią pomiędzy nimi), komory i studnie,
- obszar oddziaływania s.c. (teren wyznaczony w otoczeniu obiektu), na który mają wpływ ograniczenia wynikające z:

- możliwości dostępu służb eksploatacyjnych do obiektu,
- wielkości szkód, które mogłyby powstać w przypadku jej awarii.

Obszar oddziaływania powinien być wpisany do umowy związanej ze służebnością przesyłu co może zabezpieczyć dodatkowo sieć przed niekontrolowanymi nasadzeniami zieleni wysokiej czy lokalizacją obiektów małej architektury.

3 opracowanie wymagane do pozwolenia, zgłoszenia  
4 opracowanie wymagane do pozwolenia, zgłoszenia

5 opracowanie wymagane do pozwolenia, zgłoszenia  
6 opracowanie wymagane do realizacji inwestycji i dla nadzoru budowlanego

### Dane dotyczące stosowanych materiałów

W dokumentacji projektowej powinno być umieszczone zestawienie materiałów zawierające ustawione w sposób hierarchiczny wszystkie elementy, ich parametry techniczne oraz ilości niezbędne do wykonania sieci wraz z odwołaniami do norm, wg których mają być wykonane.

### Metody układania rurociągów

W dokumentacji projektowej powinna znajdować się informacja o przyjętej metodzie układania rurociągów oraz przyjętym sposobie kompensacji przemieszczeń rurociągów pochodzących od zmiany temperatury czynnika, natomiast dla warunków najbardziej niekorzystnych, należy określić minimalne przykrycie rurociągów w celu oceny ryzyka wybożenia pionowego.

### Układanie z ograniczeniem naprężeń osiowych

W przypadku montażu z ograniczeniem wartości naprężeń osiowych od siły tarcia i ciśnienia wewnętrznego należy zamieścić informację na temat sposobu, w jaki zostanie zrealizowane założenie wstępne. W zależności od wielkości projektowanej inwestycji należy wskazać czy będzie to odbywało się przez stosowanie:

- załamania trasy i kompensacji naturalnych (typu L, Z lub U),
- kompensatorów osiowych,
- naciągu wstępnego z zastosowaniem kompensatorów jednorazowych,
- podgrzewu wstępnego,
- metody mieszanej.

Poza informacją na temat granicznej wartości naprężeń osiowych należy, w zależności od zastosowanego przypadku:

- podać minimalne długości ramion kompensacyjnych załamania trasy L, Z, U oraz określić rodzaj i rozkład mat kompensacyjnych,
- określić rozstaw, typ, zdolności kompensacyjne mieszanych kompensatorów osiowych oraz przejmowane wydłużenia,
- określić lokalizację, konstrukcję, siły i momenty działające na rzeczywiste punkty stałe – w przypadku ich stosowania,
- określić rozstaw, wartość przejmowanego wydłużenia, wyliczoną temperaturę zamknięcia (zaspawania) oraz wartości naprężeń osiowych w rurze przewodowej przy maksymalnej i minimalnej temperaturze pracy kompensatorów jednorazowych,
- określić temperaturę wykonania podgrzewu, wartości oczekiwanych prze-

mieszczeń na końcach podgrzewanych sekcji rurociągu oraz wartości naprężeń osiowych w rurze przewodowej przy maksymalnej i minimalnej temperaturze pracy,

- podać wartości naciągu mechanicznego dla wskazanych w części graficznej spoin oraz sposób wykonania robót i zabezpieczenia osłony rurociągu.

### Układanie bez ograniczenia naprężeń osiowych

W przypadku stosowania techniki bez ograniczenia wartości naprężeń osiowych od siły tarcia i ciśnienia wewnętrznego (tak zwanego „zimnego montażu”) realizowanej poprzez układanie prostych odcinków rurociągów, na których poziom naprężeń osiowych limitowany jest maksymalną różnicą temperatury montażu i pracy rurociągu, należy określić:

- wartości naprężeń osiowych w rurze przewodowej dla maksymalnej i minimalnej temperatury pracy,
- minimalne odległości względem innej infrastruktury podziemnej,
- minimalne odległości od krawędzi sąsiadującego wykopu i dopuszczalną długość wykopu równoległego,
- minimalną wielkość przykrycia rurociągu gruntem w celu zapewnienia stateczności w płaszczyźnie pionowej.

### Techniki układania rurociągów

#### Układanie „na zimno”

Sposoby układania sieci ciepłej, podczas których rurociągi, przed ich całkowitym zasypaniem, nie zostały poddane celowemu działaniu temperatury przedstawia tabela 1.

- „zimny montaż” – to technika układania odcinków sieci ciepłych bez

Tabela 1. Techniki układania rurociągów „na zimno”

Technika układania „na zimno”	Korzyści	Wady
Zimny montaż sieci niskoparametrowych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• naprężenia osiowe na poziomie naprężeń jak przy układaniu konwencjonalnym,</li> <li>• możliwy krótki okres utrzymania otwartych wykopów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maksymalna dopuszczalna temperatura robocza 85°C.</li> </ul>
Układanie konwencjonalne – kompensacja naturalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• układanie z zachowaniem dopuszczalnych naprężeń osiowych,</li> <li>• proste układanie,</li> <li>• możliwy krótki okres utrzymania otwartych wykopów,</li> <li>• możliwość stosowania naciągu wstępnego mechanicznego i termicznego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczenia wydłużeń w przypadku stosowania poduszek kompensacyjnych,</li> <li>• utrudnienia w wykonywaniu nowych odgałęzień z uwagi na utrzymywanie stref kompensacyjnych.</li> </ul>
Układanie z kompensatorami osiowymi – kompensatory preizolowane	<ul style="list-style-type: none"> <li>• układanie z zachowaniem dopuszczalnych naprężeń osiowych,</li> <li>• proste układanie,</li> <li>• możliwy krótki okres utrzymania otwartych wykopów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utrudnienia w wykonywaniu nowych odgałęzień,</li> <li>• czuły i stale ruchomy element rury przewodowej,</li> <li>• ograniczony zakres zdolności kompensacyjnej,</li> <li>• zmienność pracy na długich odcinkach s.c.</li> </ul>
Układanie z kompensatorami osiowymi – kompensatory w komorach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• układanie z zachowaniem dopuszczalnych naprężeń osiowych,</li> <li>• proste układanie,</li> <li>• możliwy krótki okres utrzymania otwartych wykopów,</li> <li>• możliwość wykorzystania dużej zdolności kompensacyjnej.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wymagana budowa komór z punktami stałymi,</li> <li>• utrudnienia w wykonywaniu nowych odgałęzień,</li> <li>• elementy ruchome w obrębie s.c.</li> </ul>
Zimny montaż	<ul style="list-style-type: none"> <li>• możliwość bezpośredniego zasypywania wykopów,</li> <li>• eliminacja pośrednich układów kompensacyjnych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wysokie naprężenia osiowe,</li> <li>• znaczne wydłużenia długich odcinków prostych,</li> <li>• niebezpieczeństwo wybożenia,</li> <li>• tylko dla sieci bez odgałęzień,</li> <li>• wymaga wysokiej precyzji przy montażu,</li> <li>• niezalecany dla terenów zurbanizowanych.</li> </ul>

Tabela 2. Techniki układania rurociągów „na ciepło”.

Technika układania na ciepło	Korzyści	Wady
Podgrzew wstępny	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ograniczenie naprężeń osiowych,</li> <li>• niskie ryzyko awarii.</li> <li>• ograniczone wydłużenia osiowe,</li> <li>• zmniejszone wysięgi ramion kompensacyjnych,</li> <li>• niska podatność na uszkodzenia podczas prowadzenia robót równoległych,</li> <li>• brak utrudnień przy wykonywaniu wcinek na gorąco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykop między dwoma wolnymi końcami pozostaje odkryty.</li> <li>• utrudnienia z usuwaniem awarii związanej z rozcięciem sieci,</li> <li>• utrudnienia w wykonywaniu odgałęzień wymagających przecięcia rurociągu.</li> </ul>
System kompensatorów jednorazowych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wykop może być częściowo zasypany,</li> <li>• eliminacja pośrednich układów kompensacji naturalnych,</li> <li>• eliminacja elementów ruchomych i zginanych,</li> <li>• ograniczenie naprężeń osiowych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• znaczna ilość kompensatorów jednorazowych,</li> <li>• fragmenty wykopu wokół kompensatora pozostają jako odkryte do osiągnięcia temperatury zamknięcia kompensatorów,</li> <li>• utrudnienia z usuwaniem awarii związanej z rozcięciem sieci,</li> <li>• utrudnienia w wykonywaniu odgałęzień wymagających przecięcia rurociągu.</li> </ul>

elementów kompensacji, mogąca wykorzystać pełny zakres wytrzymałości stalowej rury przewodowej. Technika ta nie powinna być stosowana w terenach zurbanizowanych, z występującą infrastrukturą podziemną czy też zielenią wysoką,

- układanie konwencjonalne – to technika układania sieci cieplnej z zachowaniem naprężeń dopuszczalnych, wykorzystująca do ograniczenia poziomu naprężeń naturalne układy kompensacji,
- „układanie z kompensatorami osiowymi” – to technika układania sieci cieplnej wykorzystująca do ograniczenia poziomu naprężeń kompensatory mieszkowe osiowe. Występuje w dwóch wersjach z kompensatorami preizolowanymi i kompensatorami zamontowanymi w komorach.

### Układanie „na ciepło”

Sposoby układania sieci cieplnej, podczas których rurociągi, przed ich całkowitym zasypaniem, zostały poddane celowemu działaniu temperatury przedstawia tabela 2.

- „podgrzew wstępny” – to technika polegająca na wprowadzeniu projektowanego zakresu odkształceń rurociągów poprzez ich odpowiednie podgrzanie tuż przed zasypaniem,
- „podgrzew z kompensatorami jednorazowymi” – to technika ograniczania naprężeń w rurze przewodowej przy wykorzystaniu kompensatorów jednorazowych.

### Ocena ryzyka

Wpływ awarii rurociągów ciepłowniczych na otoczenie jest związany z temperaturą, ciśnieniem i średnicą rurociągu, a prawdopodobieństwo awarii zależy od czynników wewnętrznych i zewnętrznych oraz jakości projektu, wykonania i eksploatacji.

Możliwe zagrożenia to:

- wyciek gorącej wody – wiążący się z ryzykiem poparzenia, zalania, wydrążenia tunelu, utraty stateczności gruntów, podmycia fundamentów pobliskich budowli itp.
- awaria rurociągów, powodująca przerwę w dostawie ciepła,
- awaria kaskadowa – wiążąca się z ryzykiem dalszego rozprzestrzeniania się uszkodzeń,
- utrata bezpieczeństwa dostaw do wrażliwych odbiorców (np. szpitala).

Konsekwencje wystąpienia awarii mogą dotyczyć całego systemu lub tylko jego części.

### Określenie klasy projektu

Określenie klasy projektu zależy od:

- znaczenia odcinka sieci cieplnej,
- ryzyka wystąpienia szkód osobowych (np. poparzenia),
- konsekwencji dla odbiorców (np. brak ogrzewania) czy otoczenia (np. utrata nośności gruntu).
- Klasa projektu określa poziom projektowania, instalacji i dokumentacji rurociągów.

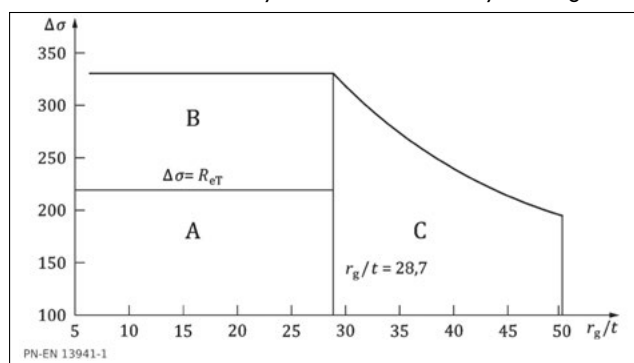
Wybór klasy projektu jest związany z poziomem bezpieczeństwa i złożoności projektu, budowy i instalacji, wyrażonych jako wymagania w odniesieniu do procedur projektowania i budowy.

Klasę projektu należy przyjmować zgodnie z tabelą 3 i rys 1.

Tabela 3. Klasy projektu

Klasa projektu	Charakterystyka
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rurociągi o niskim ryzyku uszkodzenia ciała, środowiska czy otaczających obiektów budowlanych,</li> <li>• rurociągi o niskim ryzyku strat ekonomicznych,</li> <li>• rurociągi o małej i średniej średnicy z niskimi naprężeniami osiowymi.</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rurociągi o niskim ryzyku uszkodzenia ciała, środowiska czy otaczających obiektów budowlanych,</li> <li>• rurociągi o niskim ryzyku strat ekonomicznych,</li> <li>• rurociągi o małej i średniej średnicy z wysokimi osiowymi naprężeniami ściskającymi.</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rurociągi o dużych średnicach czy wysokim ciśnieniu,</li> <li>• rurociągi o podwyższonym ryzyku szkód osobowych, dla środowiska czy obiektów budowlanych,</li> <li>• konstrukcje specjalne lub złożone.</li> </ul>

Rysunek 1. Klasy projektu dla stali o minimalnej granicy plastyczności  $Re_{23^{\circ}C} = 235 \text{ N/mm}^2$



Specjalnymi lub złożonymi konstrukcjami mogą być skrzyżowania z liniami kolejowymi, głównymi drogami i szlakami wodnymi, które powinny być zaprojektowane w porozumieniu z właścicielami czy władzami lokalnymi.

W przypadku skrzyżowań z wałami przeciwpowodziowymi mogą być wymagane rozwiązania specjalne zapobiegające zalaniu terenów przyległych.

W odniesieniu do klasy projektu należy wziąć pod uwagę wymagania dotyczące dokumentacji:

- określenie współczynników bezpieczeństwa wg PN-EN 13941-1,
- wymagania dotyczące spawania i zakresu kontroli spoin wg PN-EN 13941-2,
- zarządzanie jakością,
- zakres kontroli.

Rurociągi sieci ciepłych mogą być sklasyfikowane w wyższej klasie projektu niż podano na rys. 1.

Decyzję o podniesieniu klasy projektu należy podejmować po przeanalizowaniu:

- złożoności projektowanego układu rurociągów,
- warunków gruntowo – wodnych,
- warunków ruchu drogowego,
- położenia rurociągu w stosunku do innych konstrukcji i sieci mediów,
- doświadczenia z podobnymi systemami rurociągów,
- skutków awarii,
- lokalizacji rurociągu,
- możliwości kontroli, konserwacji i wymianów

oraz w przypadku nowych metod produkcji rur i elementów, projektowania lub budowy.

Odcinki rurociągów dostępne podczas eksploatacji (np. w tunelach lub kanałach pod drogami, w komorach zaworów, sekcjach naziemnych itp.) mogące powodować zwiększone ryzyko uszkodzenia ciała powinny być projektowane wg PN-EN 13480.

### Dane dotyczące systemu rurociągów

W przypadku rurociągów preizolowanych na skutek oddziaływania gruntu,

w elementach stalowych, takich jak np. łuki czy trójniki, wartość naprężeń w temperaturze pracy przekracza często granicę plastyczności rury.

Zgodnie z PN-EN 13941-1 obliczenia wytrzymałościowe oparte są na określeniu granicznej liczby pełnych cykli (lub ekwiwalenty pełnych obciążeń) w odniesieniu do rodzaju rurociągu i wartości naprężeń pochodzących od obciążeń wywołanych zmianą temperatury i ciśnienia.

Dla rur ze stali niskowęglowej niestopowej o granicy plastyczności  $\leq 360 \text{ MPa}$

w obliczeniowej temperaturze pracy 120°C liczba pełnych cykli działania, przyjęta w obliczeniach dla rurociągów podczas normalnej eksploatacji, nie może być mniejsza niż najniższa liczba równoważnych pełnych cykli działania podana w tabeli 4 dla założonych okresów eksploatacji.

**Tabela 4. Liczba cykli w zależności od projektowanego okresu eksploatacji**

Rodzaj rurociągu	Liczba pełnych cykli	
	30 lat eksploatacji	50 lat eksploatacji
przesyłowy	100 do 250	170 do 420
rozdzielczy	250 do 500	420 do 840
przyłącze	1000 do 2500	1700 do 4200

Każda sieć ciepła powinna być realizowana na podstawie dokumentacji projektowej, która jest wystarczająco szczegółowa, aby zapewnić założoną jakość zamierzenia budowlanego.

Podstawowe wymagania PN-EN 13941-1 w tym zakresie przedstawiono w tabeli 5 [3].

**Tabela 5. Określenie wymagań dla klas projektowych**

Klasa projektu	Charakterystyka
A	Dokumentacja ogólna: <ul style="list-style-type: none"> <li>Projekt spełnia założenia wstępne odnośnie do: temperatury, ciśnienia, przykrycia gruntem. Obliczenia sieci (<math>L_{max}</math>, <math>L_{swob}</math>) określone są zgodnie z wytycznymi z poradnika projektowania producenta rur.</li> <li>Wymagana minimalna liczba kontrolowanych spoin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5%, przy wykonaniu próby ciśnieniowej</li> <li>- 20% przy braku próby ciśnieniowej.</li> </ul> </li> </ul>
B	Dokumentacja ogólna: <ul style="list-style-type: none"> <li>Projekt spełnia wszystkie wymagania klasy A.</li> <li>Projekt powinien zawierać informacje i odwołania do poradnika projektowania producenta rur odnośnie do zastosowanej metody układania, maksymalnych temperatur, ciśnienia i poziomu naprężeń oraz doboru elementów kompensacyjnych.</li> <li>Wymagana minimalna liczba kontrolowanych spoin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 %, przy wykonaniu próby ciśnieniowej</li> <li>- 50 % przy braku próby ciśnieniowej.</li> </ul> </li> </ul>
C	Dokumentacja szczegółowa: <ul style="list-style-type: none"> <li>Projekt powinien zawierać: <ul style="list-style-type: none"> <li>- szczegółowe obliczenia naprężeń zredukowanych, odkształceń i przemieszczeń <ul style="list-style-type: none"> <li>- w niewaligicznych punktach sieci (łuki kompensacyjne, trójniki, zwęzki, naprężenia ściskające w piance PUR na załamaniach kompensacyjnych),</li> </ul> </li> <li>- ocenę żywotności rurociągu w wypadku występowania dużych wahań temperatury czynnika.</li> </ul> </li> <li>Projekt powinien zawierać określenie niezbędnych zabezpieczeń s.c. i innych obiektów oraz określenie wpływów obciążeń pochodzących od ruchu ulicznego.</li> <li>Wymagana minimalna liczba kontrolowanych spoin: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 %, przy wykonaniu próby ciśnieniowej</li> <li>- 100% przy braku próby ciśnieniowej.</li> </ul> </li> </ul>

W projekcie należy powołać się na poradnik projektowania rurociągów preizolowanych wybranego producenta opracowany zgodnie z PN-EN 13941-1.

- w obrębie jednej dokumentacji projektowej należy posługiwać się poradnikiem tylko jednego producenta,
- podniesienie maksymalnej liczby cykli z dolnej granicy zakresu dla 30 letniej eksploatacji do dolnej granicy 50 letniej eksploatacji, skutkujące obniżeniem poziomu naprężeń zredukowanych w kształtkach i spoinach rurociągu o około 12,5 %, może istotnie wpłynąć na żywotność eksploatowanych rurociągów,

- największa liczba cykli występuje zazwyczaj w rurociągach powrotnych,
- najmniejsza liczba cykli występuje w sieciach niskotemperaturowych.

#### Dane dotyczące konstrukcji podziemnych

W przypadku, gdy wraz z realizacją s.c. wymagana jest realizacja związanych z nią obiektów kubaturowych, komór, studni odwadniających, lekkich obudów odpowietrzeni czy armatury odcinającej, ważne jest, aby informacje na temat ich wymiarów oraz przekrojów, zamieścić w PZT/PAB a szczegółowe rozwiązania w PT.

#### Dane dotyczące konstrukcji naziemnych

Instancje wydające decyzję o pozwoleniu na budowę lub przyjmujące zgłoszenie mogą wymagać na etapie PAB szczegółowych informacji dotyczących przekrojów konstrukcji naziemnych (słupów, estakad, podparć).

§ sposobie zabezpieczenia rurociągów przed negatywnym oddziaływaniem wody,

§ sposobie odwodnienia wykopów na czas prowadzenia robót,

§ przewidywanej organizacji robót montażowych.

• zapewnić odpowiednie warunki pracy rurociągów (np. poprzez zastosowanie georusztu, geowłókniny czy drenażu), zapewniające ochronę łoża piaskowego przed wypłukaniem materiału podsypki i zasypki.

• przewidzieć zastosowanie złączy preizolowanych z osłoną z podwójnym uszczelnieniem (dwie metody uszczelnienia połączenia, które funkcjonują niezależnie od siebie i są wykonywane osobno) lub złączy zgrzewanych elektrycznie oraz poszerzony zakres kontroli na etapie montażu,

• w przypadku układania rurociągów poniżej zwierciadła wód gruntowych uwzględnić w obliczeniach warunki pracy w gruncie nawodnionym.

- s.c. należy prowadzić ze spadkami umożliwiającymi odwodnienie rurociągów. Minimalny spadek nie powinien być mniejszy niż 2‰. W przypadkach technicznie uzasadnionych można dopuścić mniejszy spadek na krótkich (do 30 m) odcinkach sieci pod warunkiem zachowania możliwości odwadniania,
- w systemie zespolonych preizolowanych rur pojedynczych rurociągi należy układać jeden obok drugiego. Rurociąg zasilający powinien znajdować się (patrząc w kierunku przepływającej w nim wody) z prawej strony. Warunek ten nie dotyczy odcinków o zmiennym kierunku zasilania.
- dopuszcza się układanie rurociągów jeden nad drugim, przy czym rurociąg zasilający powinien być umieszczony nad rurociągiem powrotnym,
- w zespolonym systemie dwururowym rura zasilająca powinna znajdować się pod rurą powrotną.

#### Przebieg trasy s.c. i lokalizacja rurociągów

- przebieg trasy s.c. powinien być zgodny z obowiązującymi zasadami projektowania uzbrojenia podziemnego, ze zwróceniem szczególnej uwagi na ochronę środowiska,

- odległość rurociągów i urządzeń sieci ciepłej od granic sąsiadujących działek, których właściciele nie są stronami postępowania, powinna umożliwić swobodne wykonywanie prac bez naruszania tych nieruchomości. Niezależnie od sposobu wykonywania

#### Wytyczne projektowo wykonawcze

##### Roboty ziemne

Dokumentacja projektowa powinna zawierać wytyczne wykonania robót ziemnych dostosowane do panujących warunków gruntowych.

##### Układanie rurociągów

- rurociągi preizolowane należy układać w łożu piaskowym,
- w przypadku usytuowania spodu rurociągów poniżej zwierciadła wody gruntowej należy w dokumentacji:
  - umieścić informację o:

wykopu (umocnione, skarpowane) krawędź wykopu nie powinna być bliżej niż 1,0 m od granicy takiej nieruchomości.

- należy dążyć do lokalizacji sieci ciepłowniczych poza jezdniami,
- należy unikać lokalizowania sieci ciepłych wzdłużnie w drogach pożarowych,
- projektowanie i realizacja innych obiektów oraz drzew i zieleni niskiej obok trasy rurociągów ciepłowniczych nie może utrudniać wykonywania remontów, konserwacji i usuwania awarii.

#### Odległości od zabudowy

- posadowienie rurociągów prowadzonych obok ścian budynków i innych budowli (w tym ich części podziemnej) nie może wpływać na stateczność ich konstrukcji i stabilność zabudowy, także w przypadku awarii s.c.
- w przypadku prowadzenia sieci ciepłej w pobliżu budynków i obiektów małej architektury, rurociągi należy prowadzić w odległościach umożliwiających dokonywanie ich przebudowy i remontów, jednak nie bliżej niż:
  - 2,0 m w przypadku rurociągów  $\leq$  DN200,
  - 3,0 m w przypadku rurociągów DN250 ÷ DN500,
  - 5,0 m w przypadku rurociągów  $\geq$  DN600,
 powyższe odległości dotyczą również części podziemnych budynków i obiektów małej architektury,
- w przypadku krótkich odcinków rurociągu z niską wartością naprężeń osiowych, za zgodą gestora sieci ciepłowniczej dopuszcza się stosowanie mniejszych odległości, po wykonaniu analizy oddziaływania na zabudowę oraz przy zapewnieniu możliwości dokonywania prac związanych z remontem i eksploatacją s.c.
- w wyjątkowych, uzasadnionych technicznie przypadkach dopuszcza się prowadzenie rurociągów preizolowanych w budynkach, po uprzednim uzyskaniu zgody jego właścicieli. W takich przypadkach rurociągi należy projektować:
  - w pomieszczeniach ogólnodostępnych, nieprzeznaczonych na stały pobyt ludzi (np. piwnice, garaże – preferowane ciągi komunikacyjne i unikanie prowadzenia rurociągów nad miejscami postojowymi),
  - bez montażu armatury,
  - z płaszczem wykonanym z materiałów niepalnych.

- w wyjątkowych, uzasadnionych technicznie przypadkach dopuszcza się prowadzenie rurociągów preizolowanych w odległości mniejszej niż 1,0 m od sąsiedniej nieruchomości jednak należy pamiętać o uzyskaniu zgód od właścicieli tych nieruchomości.

#### Odległości od przewodów infrastruktury podziemnej

Minimalne odległości rurociągów ciepłowniczych od innych przewodów infrastruktury podziemnej prowadzonych równolegle, powinny być zgodne z tabelą 6.

Minimalne odległości pionowe na skrzyżowaniach i odcinkach rurociągów ciepłowniczych o długościach  $L < 5$  m z innymi przewodami infrastruktury podziemnej powinny być zgodne z tabelą 7.

**Tabela 6. Odległości od sąsiadującego uzbrojenia terenu prowadzonego równolegle**

Rodzaj uzbrojenia	Minimalne odległości boków osłon rurociągów preizolowanych od najbliższej usytuowanych powierzchni innego uzbrojenia-prowadzonego równolegle
kanalizacja deszczowa kanalizacja sanitarna	min. 1,2 m z możliwością zmiany za zgodą właściciela
wodociągi	min. 1,0 m z możliwością zmiany za zgodą właściciela
kable $\leq$ 30 kV	min. 0,5 m [4], [5]
kable $>$ 30 kV	min. 1,0 m [4],
sieci gazowe	min. 0,4 m [6]
kanalizacja kablowa telekomunikacyjna linia kablowa	odległość podstawowa min 1,0 m z możliwością zmiany [7]
systemy rozszczepiające	min. 5 m [8]

**Tabela 7. Odległości pionowe od sąsiadującego uzbrojenia terenu**

Rodzaj uzbrojenia	Minimalne odległości wierzchu lub spodu rurociągów preizolowanych od najbliższej usytuowanych powierzchni innego uzbrojenia na skrzyżowaniach
kanalizacja deszczowa kanalizacja sanitarna	do uzgodnienia z gestorem sieci kanalizacyjnej, nie mniej niż 0,1 m
wodociągi	do uzgodnienia z gestorem sieci wodociągowej, nie mniej niż 0,1 m
kable $\leq$ 30 kV	do uzgodnienia z gestorem sieci elektroenergetycznej, jednak nie mniej niż 0,1 m między osłoną rury preizolowanej a osłoną kabla [4], min. 0,8 m [5]
kable $>$ 30 kV	do uzgodnienia z gestorem sieci elektroenergetycznej [4]
sieci gazowe	min 0,2 m [6]
kanalizacja kablowa telekomunikacyjna linia kablowa	min 0,5 m z możliwością zmiany [7]

- w miejscach skrzyżowań dopuszcza się prowadzenie rurociągów preizolowanych zarówno nad, jak i pod urządzeniami infrastruktury podziemnej,
- krzyżujące się uzbrojenie nie powinno przebiegać w obszarze łoża piaskowego,
- w przypadku zbliżenia lub kolizji szczegółowe rozwiązania powinna zawierać dokumentacja projektowa w oparciu, o przepisy i indywidualne uzgodnienia z przedsiębiorstwami branżowymi.
- z uwagi na trudności jakie mogą się pojawić podczas uzgadniania lokalizacji sieci ciepłej na naradzie koordynacyjnej wskazane jest stosowanie lokalnie przyjętych przez przedsię-

biorstwa branżowe odległości od innego uzbrojenia.

#### Informacja

- przykładowe rozwiązanie dotyczące skrzyżowań s.c. elektroenergetycznej kablowej z rurociągami preizolowanymi zawarte jest w POROZUMIENIU BRANŻOWYM VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A. – INNOGY ST-EN OPERATOR Sp. z o.o. z dnia 27.01.2021 r. [8].

#### Odległości od zieleni wysokiej

- należy unikać projektowania s.c. w bezpośredniej bliskości zieleni wysokiej, zachowując pomiędzy osłoną rurociągu preizolowanego, a pnem drzewa minimalną odległość:

- 2 m w przypadku rurociągów DN $\leq$ 200,
- 3 m w przypadku rurociągów DN $>$ 200,
- 5 m w przypadku rurociągów DN $\geq$ 600,
- należy okresowo kontrolować sytuację w terenie i usuwać (w porozumieniu z właścicielami terenu) nasadzenia wykonane w bliższej odległości,
- należy ograniczyć układanie sieci ciepłej z wykorzystaniem maksymalnych dopuszczalnych naprężeń wzdłuż szpalerów drzew, mogących mieć istotny wpływ na zmianę warunków gruntowych w bezpośrednim sąsiedztwie rurociągów podczas silnych wiatrów.

- lokalne urzędy mogą narzucać większe odległości minimalne bądź zakazywać lokalizacji sieci pod koronami drzew.

### Drogi eksploatacyjne

Trasa sieci powinna być tak zaprojektowana, aby możliwe było wprowadzenie ciężkiego sprzętu biorącego udział w prowadzonych robotach montażowych w sposób ograniczający dewastację nieruchomości, na której układana jest sieć ciepła.

Istotne jest, aby służby eksploatacyjne miały nieograniczony dostęp umożliwiający prowadzenie remontów czy usuwanie awarii.

### Wymiary wykopu

- minimalne wymiary wykopu należy przyjąć zgodnie z wymaganiami podanymi przez producenta rur preizolowanych oraz zgodnie z przepisami BHP – rysunek 2 i 3,
- przy głębokości wykopu większej niż 1 m przy gruntach niespoistych zaleca się wykonanie wykopów z wymaganym pochyleniem lub oszalowaniem ściany bocznej. Wykopy takie powinny posiadać odpowiednio przygotowane zejścia w odległości maksymalnie 20 m od siebie,
- wymagane jest:
  - zapewnienie łatwego i szybkiego odpływu wody opadowej od krawędzi wykopu z pasa terenu szerokości równej trzykrotnej głębokości wykopu,
  - zabezpieczenie podnoża pochylonej skarpy na dnie wykopu,
  - utrzymanie odchylenia spadków skarpy wykopu poniżej +5 %,
- zgodnie z PN-EN 13941-1 szerokość w poziomie dna wykopu nie powinna być mniejsza, niż określona w tabeli 8,

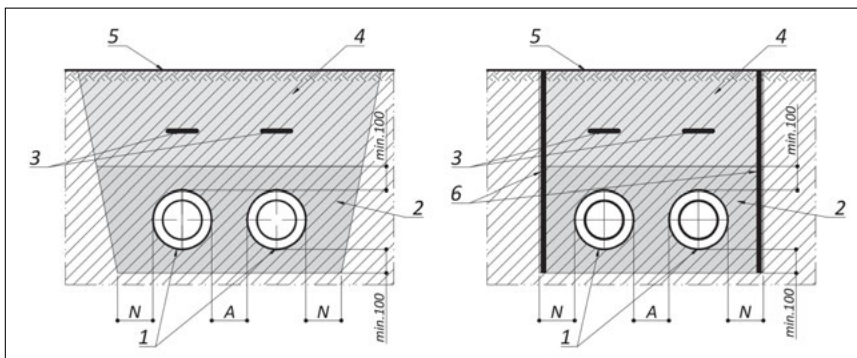
Tabela 8. Odległości rurociągów oraz odległości od ścian wykopu

Średnica osłony rurociągu $D_c$ , mm	Odległość między osłonami rurociągów, mm	Odległość między osłoną a ścianą wykopu, mm
$D_c \leq 225$	150	150
$225 < D_c \leq 560$	250	250
$D_c > 560$	300	300

- dno wykopu powinno być wykonane min. 0,1 m poniżej dolnej osłony rurociągów,
- w przypadku gruntów nieprzepuszczalnych lub przewidywanego okresowego występowania wody gruntowej wykop powinien być pogłębiony dodatkowo o ok. 0,1 m dla możliwo-

ści zastosowania dodatkowej warstwy drenażowej lub ułożenia rury drenażowej,

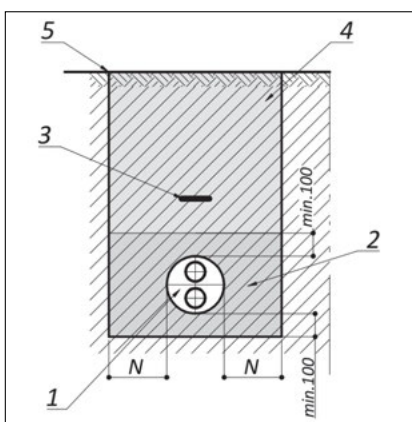
- w miejscu wykonywania spoin i montażu złączy preizolowanych, minimalna przestrzeń robocza wynosi:
  - 0,5 m między osłoną a ścianą wykopu,
  - 0,4 m pomiędzy osłoną a dnem wykopu,
  - 1,5 m długości,
- dokumentacja projektowa powinna zawierać informacje dotyczące wielkości poszerzenia wykopów:
  - na załamaniach kompensacyjnych (zgodnie z PN-EN 13941 minimalna odległość między zewnętrznymi bokami mat kompensacyjnych powinna wynosić co najmniej 100 mm),
  - w miejscach odgałęzień,
  - na stanowiskach montażowych,
  - na przejściach dla monterów wzdłuż rurociągów po jednej lub po obu stronach rurociągów.



Rysunek 2

Ułożenie rurociągów preizolowanych pojedynczych w wykopie:

Elementy preizolowane (2) łożo piaskowe, (3) taśma ostrzegawcza, (4) zasypka, (5) nawierzchnia, (6) umocnienie, A i N – według tabeli 4.8



Rysunek 3

Ułożenie rurociągów preizolowanych dwururowych: (1) łożo piaskowe, (2) łożo piaskowe, (3) taśma ostrzegawcza, (4) zasypka, (5) nawierzchnia, N – według tabeli 4.8

### Informacja:

- wg PN-B-10736:1999 przy braku występowania wody gruntowej i usuwisk, oraz nieobciążaniu naziomu

w zasięgu klina odłamu, lokalnie dopuszcza się, wykonywanie wykopów z bezpiecznym nachyleniem skarpy:

- w gruntach bardzo spoistych 2 : 1
- w gruntach kamienistych (rumosz, wietrzelnina), skalistych spękanych 1 : 1
- w pozostałych gruntach spoistych oraz wietrzelinach i rumoszczach gliniastych 1 : 1,25
- w gruntach niespoistych 1 : 1,5
- w przypadku stosowania georusztu zalecane jest zwiększenie głębokości i szerokości wykopu.

### Zagłębienie rurociągów preizolowanych

W dokumentacji projektowej minimalne i maksymalne zagłębienie powinno być każdorazowo dostosowane do:

- średnicy rurociągów preizolowanych,
- wielkości naprężeń ścinających i ścisających w piance PUR,
- występujących obciążeń zewnętrznych np. od ruchu kołowego.

### Minimalne przykrycie rurociągu

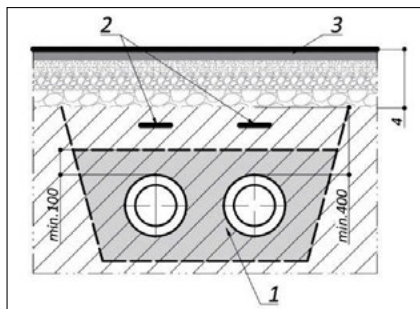
Na wielkość minimalnego przykrycia rurociągów preizolowanych ma wpływ (tabela 9):

Tabela 9. Czynniki wpływające na wielkość minimalnego przykrycia rurociągów

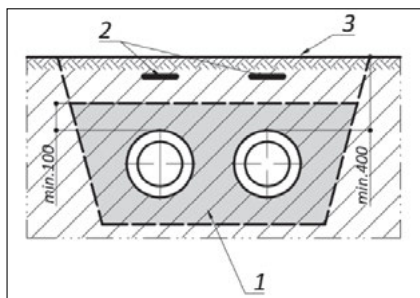
Średnica nominalna rurociągu DN	Czynnik wpływający na wielkość minimalnego przykrycia
$\leq 300$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom naprężeń ścisających,</li> <li>• stabilność pionowa rurociągu.</li> </ul>
$DN > 300$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nacisk pochodzący od przykrycia rurociągu, obciążenia powierzchni i ruchu kołowego oraz wynikające z tego ryzyko wystąpienia owalizacji średnicy rury stalowej,</li> <li>• naprężenia ścisające w piance PUR.</li> </ul>

- dla naprężeń ścisających w rurociągu stalowym:
  - $\leq 190$  MPa dopuszcza się minimalne przykrycie gruntem 0,4 m – rysunek 4,
  - $> 190$  MPa należy wykonać obliczenia sprawdzające stabilność pionową rurociągu zgodnie z PN-EN 13941-1,

- w przypadku usytuowania rurociągów preizolowanych pod drogami bez zastosowania płyt odciążających czy rur ochronnych dokumentacja powinna zawierać wartości naprężeń ściskających w piance PUR. Obliczenia należy wykonać zgodnie z PN-EN 13941-1 lub [9], dla rurociągów:
  - $\leq DN300$  i przy przykryciu gruntem  $< 0,4$  m, licząc od spodu podbudowy drogi – rysunek 5,
  - $DN \geq 350$  i przykryciu gruntem  $< 1,0$  m, licząc od spodu podbudowy drogi.



**Rysunek 4.**  
Minimalna głębokość układania rurociągów pod nawierzchnią drogową: (1) łożo piaskowe, (2) taśma ostrzegawcza, (3) nawierzchnia drogi, (4) warstwy drogowe



**Rysunek 5.**  
Minimalna głębokość układania rurociągów pod nawierzchnią nieutwardzoną: (1) łożo piaskowe, (2) taśma ostrzegawcza, (3) nawierzchnia

### Maksymalne przykrycie rurociągu

Projekt sieci ciepłowniczej powinien uwzględniać maksymalną dopuszczalną wielkość przykrycia rurociągu, która zależy jest od:

- zastosowanej zasyпки piaskowej,
- średnicy rury przewodowej i osłony,
- współczynnika bezpieczeństwa  $\gamma_m$  dla pianki PUR uzależnionego od rozstawu wolnych końców na rozpatrywanym odcinku (tabela 10, tabela 11).
- dla rurociągów o średnicach nominalnych rur przewodowych od DN350 przy występowaniu ciężkiego ruchu kołowego oraz przykryciach rurociągów większych niż 2,5 m zalecane jest wykonanie obliczeń sprawdzają-

**Tabela 10. Maksymalne przykrycie rurociągów w systemie rur preizolowanych pojedynczych<sup>7</sup>**

rura przewodowa		Izolacja seria 1		Izolacja seria 2		Izolacja seria 3	
DN	$d_{or}$ [mm]	$D_{C1}$ [mm]	$H_{MAX}$ [m]	$D_{C2}$ [mm]	$H_{MAX}$ [m]	$D_{C3}$ [mm]	$H_{MAX}$ [m]
20	26,9	90	2,1	110	1,7	125	1,5
25	33,7	90	2,7	110	2,2	125	1,9
32	42,4	110	2,8	125	2,4	140	2,2
40	48,3	110	3,2	125	2,8	140	2,5
50	60,3	125	3,5	140	3,1	160	2,7
65	76,1	140	3,9	160	3,4	180	3,0
80	88,9	160	4,0	180	3,5	200	3,2
100	114,3	200	4,1	225	3,6	250	3,3
125	139,7	225	4,4	250	4,0	280	3,5
150	168,3	250	4,8	280	4,3	315	3,8
200	219,1	315	4,9	355	4,4	400	3,9
250	273,0	400	4,8	450	4,3	500	3,8
300	323,9	450	5,1	500	4,6	560	4,0
350	355,6	500	5,0	560	4,5	630	3,9
400	406,4	560	5,1	630	4,5	710	4,0
450	457,0	630	5,1	710	4,5	800	3,9
500	508,0	710	5,0	800	4,4	900	3,9
600	610,0	800	5,3	900	4,7	1000	4,2
700	711,0	900	5,4	1000	4,9	1100	4,4
800	813,0	1000	5,6	1100	5,0	1200	4,6
900	914,0	1100	5,7	1200	5,2	-	-
1000	1016,0	1200	5,7	-	-	-	-
1100	1118,0	1300	5,8	-	-	-	-
1200	1219,0	1400	5,8	-	-	-	-

**Tabela 11. Maksymalne przykrycie rurociągów w zespolonym systemie dwururowym**

Rury przewodowe		Izolacja seria 1		Izolacja seria 2		Izolacja seria 3	
DN	$d_{or}$ [mm]	$D_{C1}$ [mm]	$H_{MAX}$ [m]	$D_{C2}$ [mm]	$H_{MAX}$ [m]	$D_{C3}$ [mm]	$H_{MAX}$ [m]
20	26,9	125	2,9	140	2,5	160	2,2
25	33,7	140	3,2	160	2,8	180	2,5
32	42,4	160	3,5	180	3,1	200	2,8
40	48,3	160	4,0	180	3,6	200	3,2
50	60,3	200	4,0	225	3,5	250	3,2
65	76,1	225	4,5	250	4,0	280	3,6
80	88,9	250	4,7	280	4,2	315	3,7
100	114,3	315	4,8	355	4,2	400	3,7
125	139,7	400	4,6	450	4,1	500	3,6
150	168,3	450	4,9	500	4,4	560	3,9
200	219,1	560	5,1	630	4,5	710	4,0
250	273,0	710	5,0	800	4,4	900	3,9

cych zgodnie z wytycznymi PN-EN 13941-1 pod kątem ryzyka owalizacji przekroju rurociągu (maksymalnie dopuszczalna owalizacja średnicy  $\delta\%$ ).

### Rekultywacja terenu

Rekultywacja terenu prowadzona przez właścicieli czy zarządców nieruchomości prowadzi do zmiany naziomu nad siecią ciepłą.

Rekultywacja powodująca:

- zwiększenie naziomu prowadzi do zwiększenia wartości siły tarcia. W przypadku rurociągów ułożonych z przykryciem większym od maksymalnego, sytuacja taka może prowadzić

do zniszczenia układu zespolonego i niekontrolowanej pracy rurociągów,

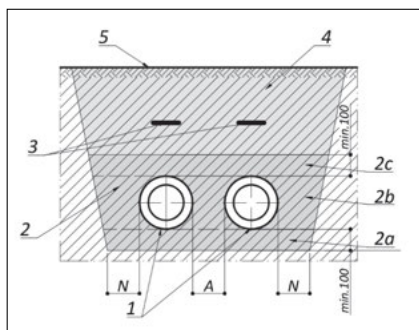
- zmniejszenie naziomu prowadzi do zmniejszenia siły tarcia i zwiększenia obciążeń elementów kompensacyjnych.

### Łóżo piaskowe

W celu zapewnienia warunków obliczeniowych dla zaprojektowanych rurociągów preizolowanych wymagane jest, aby były one ułożone w łożu piaskowym otaczającym rurociągi (rys. 6):

- min. 100 mm poniżej osłony (podsypka),
- min. 100 mm powyżej osłony (przykrycie),

<sup>7</sup> Podane w tablicach maksymalne przykrycie gruntem obliczono przyjmując:  
- siły tarcia gruntu o osłone zgodnie z p. 6.5.3 normy PN-EN 13941-1,  
- maksymalną dopuszczalną wartość osiowych naprężeń tnących po starzeniu 0,08 MPa.



Rysunek 6.

Przekrój wykopu: (1) elementy preizolowane, (2) łoża piaskowe, (2a) podsypka, (2b) strefa rurociągów, (2c) przykrycie, (3) taśma ostrygawcza, (4) zasypka, (5) nawierzchnia

- w minimalnej odległości między osłoną rurociągu a ścianą wykopu, zależnej od średnicy  $D_c$  – tabela 8, kolumna 3 (strefa rurociągów).

Łoże piaskowe:

- powinno być wykonane z piasku o granulacji pomiędzy granicami zalecanymi w PN-EN 13941-2 (rys. 7) i zagęszczane w trzech etapach (podsypka, strefa rurociągów, zasypka),
- współczynnik różnorodności uziarnienia piasku:

$$d_{60}/d_{10} > 1,8,$$

- piasek nie powinien zawierać szkodliwych ilości resztek roślinnych, próchnicy, gliny lub grudek mułu,
- nie należy stosować piasku zawierającego duże ziarna o ostrych krawędziach, które mogą uszkodzić rury i złącza,
- skład materiału powinien pozwolić na uzyskanie współczynników tarcia wymaganych w projekcie technicznym przy uwzględnieniu starannie wykonanego zagęszczenia,
- zagęszczony materiał wypełniający powinien mieć stopień zagęszczenia od 97% do 98%, niedozwolone są wartości poniżej 94%,
- niedopuszczalne jest, aby w obszarze łoża piaskowego znajdowało się ja-

kierunków inne podziemne uzbrojenie terenu,

- nie dopuszcza się wykonywania łoża piaskowego z mieszanek stabilizujących,
- w przypadku posadowienia rurociągów w warstwie gruntów nieprzepuszczalnych lub okresowego występowania poziomu wody gruntowej powyżej rurociągów zaleca się na dnie wykopu zastosować drenaż umożliwiający odprowadzenie wody, a łoża piaskowe należy zabezpieczyć przed wypłukaniem przez owinięcie geowłókniną.

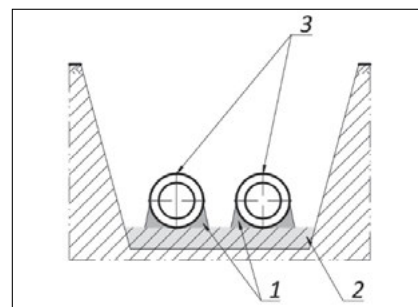
#### Podsypka

- grubość podsypki piaskowej pod rurociągami preizolowanymi powinna wynosić minimum 100 mm,
- w przypadku gruntów nieprzepuszczalnych lub przewidywanego okresowego występowania wody gruntowej wykop powinien być pogłębiony dodatkowo o około 100 mm dla możliwości zastosowania dodatkowej warstwy drenażowej lub ułożenia rury drenażowej,
- rurociągi preizolowane układane w wykopie przed wykonaniem podsypki należy układać na materiałach miękkich (np. workach wypełnionych piaskiem lub podkładach styrenowych). Stosowanie drewnianych podkładów jest niedozwolone.
- zalecane jest wykonywanie i zagęszczanie mechaniczne podsypki przed ułożeniem rur w wykopie.

#### Strefa rurociągów

Strefa rurociągów powinna być:

- zasypana na całej szerokości wykopu, materiałem takim samym, jak podsypka,
- zagęszczana przy zastosowaniu narzędzi ręcznych, ze zwróceniem szczególnej uwagi na zagęszczenie klinów przylegających do rurociągów preizo-



Rysunek 8.

Klina piaskowe w strefie rurociągów: (1) klina piaskowe poniżej osi rurociągów, (2) podsypka, (3) rurociągi preizolowane

lowanych poniżej ich osi (rys. 8). Żle zagęszczone klina, zwłaszcza w przypadku większych średnic, utrudniają osiągnięcie zamierzonego zagęszczenia powyżej osi rurociągów.

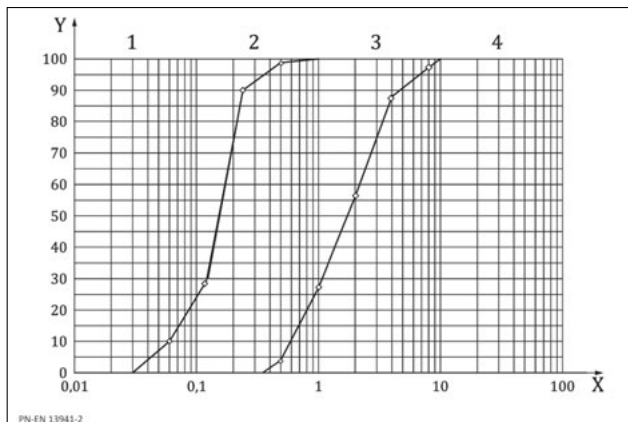
#### Przykrycie

- grubość zasypki piaskowej nie powinna być mniejsza niż 100 mm,
- w gruncie piaszczystym, niezawierającym gruzu ani ostrych kamieni, wykonywanie dodatkowej podsypki i zasypki nie jest wymagane, jednak konieczna jest stabilizacja, co najmniej 100 mm powyżej górnej powierzchni rur,
- podczas zasypywania należy upewnić się, że materiały są starannie zagęszczone wokół rur, umożliwiając założone tarcie między rurą osłonową a zasypką,
- zasypka powinna być wykonana w taki sposób, aby ani jej właściwości, ani zagęszczenie nie powodowały uszkodzeń rur, złączy i poduszek kompensacyjnych.
- zasypka powinna być zagęszczana ręcznie do osiągnięcia stopnia zagęszczenia podanego w projekcie sieci ciepłowniczej.

#### Strefy kompensacyjne

W celu zabezpieczenia preizolowanego zespołu rurowego w miejscu, gdzie występuje poprzeczne oddziaływanie gruntu na powierzchnię osłony rury preizolowanej:

- łuków,
- trójkątów,
- zwężeń,
- trzpieni armatury odcinającej,
- króćców odpowietrzeni i odwodnień należy zaprojektować strefy kompensacyjne, umożliwiające przemieszczanie rurociągów w gruncie. Jeżeli powstające w obrębie stref kompensacyjnych przemieszczenia boczne skutkują powstaniem naprężeń ściskających w izolacji PUR na poziomie wyższym niż 0,15 MPa zaleca się stosowanie poduszek kompensacyjnych lub niszki kompensacyjnych.

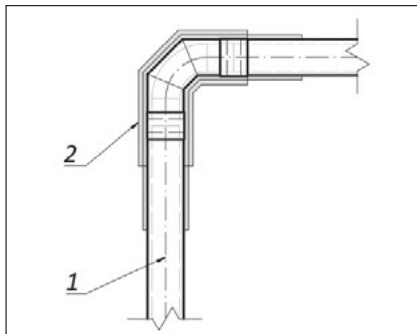


Rysunek 7.

Granice krzywych sito-wych: X, mm – wielkość ziaren piasku, Y – procentowy udział frakcji 1 – muł, 2 – żwir, 3 – piasek, 4 – kamień

### Poduszki kompensacyjne

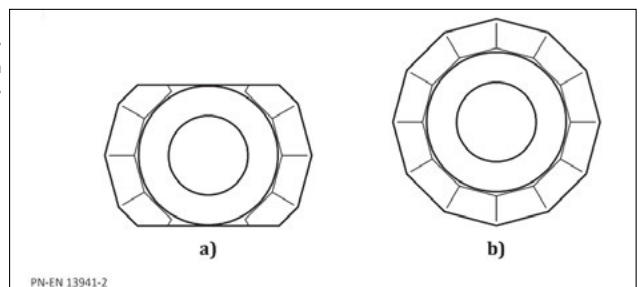
- wymagania dotyczące wykonania i badania mat kompensacyjnych przedstawione są w [8],
- poduszki kompensacyjne mogą być jedynym elementem obcym w strefie łoża piaskowego,
- w katalogu producenta rur preizolowanych powinny być umieszczone informacje oparte na wynikach badań laboratoryjnych mat kompensacyjnych, dotyczące:
  - materiału,
  - typu,
  - sztywności,
  - maksymalnego ściśnięcia,
  - współczynnika przewodzenia ciepła,
- dokumentacja projektowa powinna zawierać informacje na temat:
  - sztywności poduszek,
  - maksymalnego ściśnięcia poduszek,
  - rozkładu grubości poduszek na długości strefy kompensacji na rurociągach zasilającym i powrotnym,
  - sposobu obłożenia i mocowania poduszek na rurociągu,
  - współczynnika przewodzenia ciepła maty (dla możliwości obliczenia temperatury na powierzchni osłony rurociągu),
  - temperatury na powierzchni osłony,
- grubość poduszki powinna być tak dobrana, aby maksymalne naprężenie ściskające nie przekroczyło 200 kPa, a temperatura osłony przez cały okres eksploatacji nie była wyższa niż określona w PN-EN 13941-1, tzn.
- średnia temperatura nie przekraczała 50°C oraz
- maksymalna temperatura na powierzchni osłony nie przekraczała 60°C w poszczególnych przedziałach czasowych, których suma nie może przekraczać średnio 300 godzin rocznie,
- minimalna odległość między zewnętrznymi bokami poduszek powinna wynosić co najmniej 100 mm, gru-



Rysunek 9.  
Przykład układania poduszek kompensacyjnych: (1) element preizolowany, (2) warstwy poduszek kompensacyjnych

- bość poduszki w miejscu jej montażu powinna być o min. 50% większa niż przemieszczenia poprzeczne rurociągu,
  - w typowych rozwiązaniach nie zaleca się stosowania poduszek kompensacyjnych o sumarycznej grubości większej niż 120 mm,
  - w przypadku, w którym należałoby zastosować poduszki o grubości większej niż 120 mm wskazane jest wykonanie niszy kompensacyjnej lub zmniejszenie przemieszczeń przez wykonanie naciągu wstępnego lub dodatkowych kompensacji,
  - poduszki kompensacyjne powinny być trwale oznaczone przez producenta (sztywność, nazwa producenta),
  - przed układaniem poduszek należy sprawdzić, czy dostarczone maty na plac budowy spełniają wymagania PN-EN 13941-1. Sztywność poduszek zastosowanych w terenie powinna być zgodna z wartościami sztywności wprowadzonymi do obliczeń projektowych,
  - poduszki należy układać wzdłuż rurociągu zgodnie z projektem, montując po obu stronach osłony (rys. 9),
  - po ułożeniu poduszki należy szczelnie owinąć powłoką ochronną:
    - geowłókniną i spiąć taśmą poliestrową,
    - folią piankową z usieciowanego PE z warstwą powłoki klejącej.
- Rysunek 10 przedstawia dwa możliwe sposoby montażu poduszek, poprzez ustawianie mat obok rurociągu (rys. 10 a) lub owinięcie rurociągu (rys. 10 b),
- w przypadku poduszki ustawionej obok rurociągu (rys. 10 a) potrzebną wysokość poduszki można odciąć z maty w zależności od średnicy osłony rurociągu. Poduszka powinna być podciągnięta co najmniej do górnej części osłony,
  - na poduszce kompensacyjnej lub osłonie ochronnej należy umieścić w sposób trwały (znaczniki, naklejki) informację z:
    - długością i grubością poduszek kompensacyjnych,
    - nazwą producenta poduszek,

Rysunek 10.  
Sposoby montażu poduszek kompensacyjnych na elementach preizolowanych



- przed rozpoczęciem zasypywania wymagana jest kontrola zgodności ułożenia z projektem, kompletności oznaczeń oraz jakości montażu.

### Nisze kompensacyjne (kanałowe)

Nisza kompensacyjna wykonana jest na podobieństwo typowych obudów kanałowych, w których rurociągi przemieszczają się poprzecznie i wzdłużnie na podporach ślizgowych.

### Zasypywanie wykopu

- dokumentacja projektowa powinna:
  - zawierać informacje dotyczące wskaźnika lub stopnia zagęszczenia,
  - określać sposób wykonania zagęszczenia (ręczny, mechaniczny),
- Do robót związanych z zasypywaniem rurociągów należy przystąpić po wykonaniu i zagęszczeniu łoża piaskowego.
- w zależności od potrzeb wykop można uzupełniać:
  - gruntem rodzimym (pamiętając o usunięciu zanieczyszczeń i kamieni),
  - materiałem, który będzie spełniał wymagania dotyczące konstrukcji nadbudowy,
  - materiałem wskazanym przez zarządcę terenu (np. w przypadku terenów utwardzonych),
- wypełnianie i zagęszczenie wykopu powinno następować jednocześnie po obydwu stronach rurociągu,
- wykop należy wypełniać warstwami po 20 – 30 cm,
- w odległości około 20 ÷ 50 cm nad każdym rurociągiem należy umieścić taśmę ostrzegawczą,
- po nałożeniu 20 cm warstwy wypełniającej można przystąpić do zagęszczenia mechanicznego,
- przy układaniu rurociągów pod nawierzchniami utwardzonymi przez cały czas należy kontrolować wskaźnik zagęszczenia,
- zagęszczenie wypełnienia wykopu należy wykonać do momentu osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia podanego w projekcie sieci ciepłowniczej,
- w przypadku przekraczania terenów utwardzonych (jezdni, chodników)

metodą otwartego wykopu, pozostałą część wykopu należy uzupełnić piaskiem.

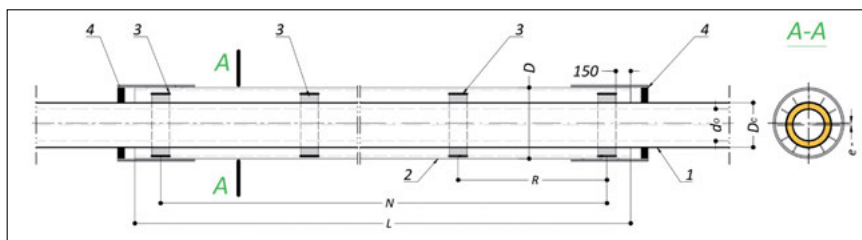
- w celu unikania osiadania powierzchni nad ułożonymi rurociągami materiał zasypki powinien być zagęszczony do osiągnięcia takiej samej nośności jaką ma grunt poza wykopem.

#### Zabezpieczenia rurociągów

W zależności od warunków, jakie pojawią się na etapie projektowania, stosowane są trzy rodzaje bezpośredniego zabezpieczenia rurociągów:

- rury ochronne – stosowane w sytuacji, kiedy rurociągi układane są zarówno na dużej głębokości, jak i za płytko,
- płyty zabezpieczające – stosowane w sytuacji, gdy rurociągi układane są za płytko w stosunku do ogólnych wymagań,
- płyty odciążające – stosowane, gdy rurociągi układane są na dużych głębokościach, przy których nastąpiłoby przekroczenie naprężeń w piance PUR, jak i przy bardzo płytkim układaniu.

#### Rury ochronne



Rysunek 11.

Rurociąg preizolowany w ułożony w rurze ochronnej: (1) rurociąg preizolowany, (2) rura ochronna, (3) zestaw płóz, (4) manszety; L – długość rury ochronnej, R – rozstaw płóz, e – różnica ułożenia osi rur

Rury ochronne należy stosować dla zabezpieczenia osłony rur preizolowanych przed uszkodzeniem oraz dla umożliwienia wymiany rurociągów bez naruszania nawierzchni (np. pod jezdniami, torowiskami, parkingami, przy skrzyżowaniach z inną infrastrukturą podziemną, w pobliżu drzew) oraz w miejscach wymaganych na podstawie wytycznych, indywidualnych uzgodnień i decyzji.

W przypadku stosowania rur ochronnych (rys. 11), w dokumentacji projektowej należy podać:

- średnicę zewnętrzną, grubość ścianki oraz materiał rury ochronnej,
- sposób ułożenia rury ochronnej,
- typ, liczbę i rozstaw płóz,
- typ manszet,

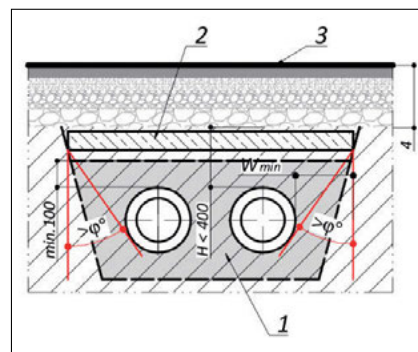
- wielkość przemieszczeń osiowych rurociągu preizolowanego w rurze ochronnej,
- wielkość przemieszczeń bocznych rury preizolowanej w miejscach wejścia do rury ochronnej.
- Rodzaje stosowanych rur ochronnych:
  - stalowe grubościennie zabezpieczone antykorozyjnie (np. z warstwą antykorozyjną 3LPP, 3LPE, 3LPE/PP),
  - z tworzyw sztucznych (żywice poliestrowe, polietylen, polipropylen).

Parametry wytrzymałościowe rur ochronnych z tworzyw sztucznych mają być obliczane w oparciu o:

- obciążenie gruntem i nawierzchnią – wysokość naziomu i rodzaj gruntu, rodzaj nawierzchni,
- obciążenie dodatkowe np. od ruchu kołowego,
- zakładaną dopuszczalną owalizację rury ochronnej pozwalającą na swobodny przesuw rurociągów preizolowanych na płozach dystansowych.

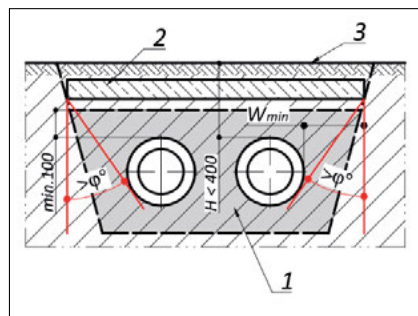
#### Informacje:

- zgodnie z [8] dobór rur ochronnych należy prowadzić w oparciu o krajowe deklaracje właściwości użytko-



Rysunek 12.

Zastosowanie płyt zabezpieczających przy płytkim ułożeniu rurociągów pod nawierzchnią drogową: (1) łożo piaskowe (2) płyta zabezpieczająca, (3) nawierzchnia drogową, (4) warstwa drogową,  $\phi^\circ$  – kąt tarcia wewnętrznego gruntu



Rysunek 13.

Zastosowanie płyt zabezpieczających przy płytkim ułożeniu rurociągów pod nawierzchnią nieutwardzoną: (1) łożo piaskowe, (2) płyta zabezpieczająca, (3) nawierzchnia,  $\phi^\circ$  – kąt tarcia wewnętrznego gruntu

skowego, a jej wymiar poprzeczny powinien być uzależniony od kąta tarcia wewnętrznego gruntu.

W przypadku stosowania płyt zabezpieczających w dokumentacji projektowej należy podać:

- wymiary płyty zabezpieczającej,
- przyjęty kąt tarcia wewnętrznego gruntu  $\phi^\circ$ ,
- usytuowanie krawędzi płyty w stosunku do skrajni sieci ciepłej.

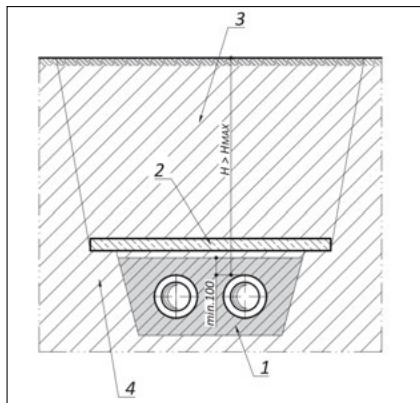
W przypadku braku możliwości takiego zabezpieczenia należy stosować inne rozwiązania, ze zwiększeniem zagłębienia sieci ciepłej.

#### Płyty odciążające

W przypadku stosowania płyt odciążających (rys. 14) w dokumentacji projektowej należy podać:

- wymiary płyty odciążającej,
- sposób wsparcia na nienaruszonym gruncie rodzimym.

W przypadku naruszenia gruntu rodzimego na szerokości płyty odciążającej należy wykonać jej podparcie przy zastosowaniu wsporników betonowych, żelbetonowych lub z uformowanego kruszywa (rys. 15).



**Rysunek 14.**

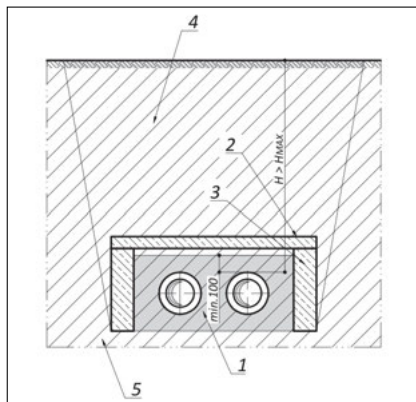
Zastosowanie płyty odciążającej opartej na gruncie nienaruszonym: (1) łożo piaskowe, (2) płyta odciążająca, (3) zasypka, (4) grunt nienaruszony

#### Zabezpieczenie przed prądami błądzącymi

W przypadku możliwości występowania w pobliżu rurociągu podziemnego prądów błądzących należy przewidzieć odpowiednie punkty pomiarowe i w zależności od wyników pomiarów należy wykonać zabezpieczenie przeciw prądom błądzącym.

#### LITERATURA

- [1] USTAWA z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane



**Rysunek 15**

Zastosowanie płyty odciążającej opartej na konstrukcji wsporczej: (1) łożo piaskowe, (2) płyta odciążająca, (3) element konstrukcji wsporczej (4) zasypka, (5) grunt nienaruszony

- [2] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego
- [3] Hanna Bindarowska, *Wybrane zagadnienia z projektowania sieci ciepłowniczych preizolowanych*, prezentacja Radpol 07.02.2023
- [4] Norma SEP-E – 004 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe – Projektowanie i budowa*; Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa 2004
- [5] PN-E-05125:1976 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe – Projektowanie i budowa* (norma wycofana bez zastąpienia)
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie

- [7] Rozporządzenie Ministra Cyfryzacji z dnia 26 maja 2023 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie
- [8] EKSPLOATACYJNE WYTYCZNE PROJEKTOWANIA ORAZ WYKONANIA RUROCIĄGÓW PREIZOLOWANYCH W OŚLONIE PE-HD cz. II dokument umieszczony na stronie <https://www.energiadlawarszawy.pl/wymagania-techniczne-dla-urzadzen-stosowanych-w-sieci-cieplowniczej-w-s-c/eksploatacyjne-wytyczne-projektowania-oraz-montazu-rurociagow-preizolowanych-w-plaszczu-oslonowym-hdpe/> dostęp z dnia 13.05.2025
- [9] Wytyczne ATV-DVWK-A127P *Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe kanałów i przewodów kanalizacyjnych*
- [10] USTAWA z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym
- [11] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 987, z 2014 r. poz. 867 oraz z 2018 r. poz. 1175)
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 kwietnia 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie

Cz. II zostanie opublikowana w następnym nr. Instal.