

Mariola Błajet
Polski Komitet Normalizacyjny
KT 278 ds. Wodociągów i Kanalizacji,
Wavin Metalplast- Buk Sp z o.o.

Sieci kanalizacyjne z tworzyw sztucznych vs. materiały inne (porównanie własności)

Streszczenie:

Opracowanie prezentuje wpływ wykorzystania tworzyw termoplastycznych (PVC-U, PE i PP) w systemach kanalizacyjnych na procesy projektowania, wykonawstwa i eksploatacji. Wyjaśnia różne aspekty techniczne, które prowadzą do eliminacji najczęściej występujących w sieciach kanalizacyjnych problemów użytkowych. Ich znaczenie może stanowić przesłankę do zweryfikowania dotychczasowych preferencji i zmiany wytycznych dotyczących wykonania sieci kanalizacyjnych.

Opracowanie stanowi analizę porównawczą systemów kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych z materiałami tradycyjnymi – jest to kolejny głos w toczącej się nieustannie dyskusji pomiędzy zwolennikami tych rozwiązań, prezentujący jednocześnie nieco inny od dotychczasowych punkt widzenia. Konieczność pogłębienia tematu wynika z potrzeby rynkowej wsparcia wiedzą techniczną uczestników cyklu inwestycyjnego w doborze materiałów. Obowiązujące normy systemowe PN EN 476 i PN EN 752 dotyczą systemów kanalizacyjnych z wszystkich rodzajów materiałów. Dostępne do budowy sieci kanalizacyjnych materiały (zarówno tworzywa termoplastyczne (PVC-u, PP i PE), chemoutwardzalne (GRP) jak i materiały tradycyjne (beton i kamionka i żeliwo)) zostały szczegółowo opisane normami produktowymi, których wymagania muszą spełniać produkty wprowadzane jako wyrób budowlany na rynek. Spełnienie wymogów tych norm zarówno systemowych jak i produktowych nie jest jednak wystarczającą przesłanką do podjęcia decyzji o doborze materiału do wykonywanego systemu. Dlatego konieczne jest poszerzenie zakresu branż pod uwagę aspektów.

Obecnie porównania dotyczą więc nie tylko kwestii czysto technicznych i użytkowych, ale również kompleksowo traktują kwestię budowy sieci kanalizacyjnych uwzględniając zasady zrównoważonego rozwoju. W analizie materiałowej do aspektów natury technicznej z coraz większym przekonaniem dołączane są argumenty ekonomiczne, ekologiczne i społeczne.

Aspekty ekonomiczne obejmują nie tylko koszt materiału, ale i koszt wykonania robót. Coraz częściej (w miarę posiadanych danych) uwzględnia się również koszty eksploatacyjne przez okres minimum 10 lat.

W analizie oddziaływania na środowisko pod uwagę bierze się zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktu, w którym uwzględnia się następujące fazy:

- wytwarzanie surowców i ich transport do producenta;
- proces produkcji rur i kształtek;
- produkcję pozostałych elementów systemu np. uszczelek (produkcja surowców i produktu gotowego);
- transport elementów systemu na plac budowy;
- montaż elementów systemu w wykopie;

- użycie i eksploatacja w okresie trwałości (100 lat dla sieci kanalizacyjnych z tworzyw termoplastycznych);
- demontaż po okresie eksploatacji i transport zużytego materiału do miejsca utylizacji;
- końcowe przetworzenie odpadów.

W ocenie aspektów społecznych coraz częściej oczekuje się określenia przez producentów trwałości systemu kanalizacyjnego, który następnie przekłada się wskaźniki amortyzacji, które stanowią czynnik cenotwórczy przy opłatach za ścieki.

Warto również rozpatrywać czynnik szybkości budowy i/lub modernizacji infrastruktury, w tym utrudnień wynikających z tego powodu dla lokalnej społeczności. Finalnie przekłada się to na tempo wyrównywania poziomu życia obywateli.

Taką wielokryteriową ocenę niezwykle trudno obiektywnie wykonać na bazie ogólnie dostępnych materiałów informacyjnych poszczególnych producentów, nie wspominając o tym, że niełatwo dojść do jednoznacznych wniosków. Niniejsze opracowanie wraz z dwoma wcześniejszymi [4,5] stanowi kompleksową analizę dotyczącą przedmiotu zagadnienia.

W opinii autorki pomocne będzie zaprezentowane w niniejszym opracowaniu porównanie podstawowych wskaźników technicznych i obszarów zastosowania poszczególnych rozwiązań. Dla potencjalnych odbiorców istotne będą również korzyści wynikające ze specyficznych dla tworzyw właściwości systemów tworzywowych i ich zachowań oraz otwierane przez nie perspektywy.

PORÓWNANIE PODSTAWOWYCH WSKAŹNIKÓW TECHNICZNYCH I OBSZARÓW ZASTOSOWANIA RÓŻNYCH SYSTEMÓW KANALIZACYJNYCH

Podstawowe charakterystyki wskaźników technicznych dla porównywanych systemów zestawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne różnych rur z różnych materiałów

| | Tworzywa termoplastyczne | Kamionka | Beton / żelbet |
|--|--|---------------------|---|
| Chropowatość rur | 0,001 mm | 0,02-0,05 mm | 0,8 - 1,0 mm |
| Chropowatość obliczeniowa dla systemów kanalizacji deszczowej ¹⁾ | 0,1 mm | 0,25 mm | - rury „nowe”: 1,0 mm - rury „stare”: 1,5 mm |
| Chropowatość obliczeniowa dla systemów kanalizacji sanitarnej i ogólnospławnej ¹⁾ | 0,4 mm lub 0,25 ²⁾ | 0,5 mm | brak danych |
| Odporność chemiczna: - rur i kształtek - uszczelek | pH 2-12, pH 2-12 | pH 1-14, pH 2-12 | pH 5-8, brak danych |
| Odporność chemiczna systemu | pH 2-12 | pH 2-12 | pH 5-8 |
| Szczelność | 0,5 bar | 0,5 bar | 0,5 bar |
| Odporność na ścieranie | bardzo wysoka [5,6] – wg norm produktowych są to materiały nieścieralne ³⁾ | bardzo wysoka [5] | niska |

- 1) Uwzględnia łączenie elementów, przepływ przez studzienki, niedoskonałości powierzchni przepływu m.in. niezgodności dna dopuszczone w normie PN-EN 476 oraz przeszkody eksploatacyjne (naniesiony piasek)
- 2) max obliczeniowa chropowatość 0,4 mm może być zmniejszona, gdy cały system wraz ze studzienkami stanowią elementy tworzywowe
- 3) Normy produktowe dla PVC-u, PP i PE: PN-EN 1401, PN-EN 1852, PN-EN 13244, PN-EN 13476 1-3

Wnioski:

1. Systemy tworzywowe mają niezrównaną gładkość ścianek wewnętrznych, co przekłada się na bardzo dobre właściwości hydrauliczne. Porównywalnie pod względem hydrauliki oceniane są też systemy kamionkowe. Pozwala to na projektowanie tych systemów z mniejszymi spadkami niż systemy z rur betonowych i żelbetowych.
2. Ponadto systemy tworzywowe, podobnie jak systemy kamionkowe, charakteryzują się wysoką odpornością chemiczną, dzięki czemu nie ulegają korozji i inkrustacji. W przypadku tych systemów w obliczeniach hydraulicznych można nie uwzględniać upływu czasu – nie ma rur „starych” i „nowych”, jak w przypadku rur betonowych i żelbetowych.
Zagrożenia typowe dla systemów kanalizacji sanitarnej (duże stężenia zanieczyszczeń, oddziaływanie detergentów, opary ściekowe) występujące zwłaszcza w systemach z długimi czasami przetrzymania ścieków, tj. w systemach kanalizacyjnych o znacznych długościach, systemach mieszanych grawitacyjno-ciśnieniowych, nie wywierają niekorzystnego wpływu na oba z tych systemów. W systemach tworzywowych ta przewaga jest jeszcze bardziej wyraźna, gdy system wyposażony jest w studzienki z tworzyw termoplastycznych. W odróżnieniu od kamionki i tworzyw termoplastycznych beton i żelbet, w tym również występujący w studzienkach kanalizacyjnych, ulega degradacji pod wpływem agresywności ścieków jak również i oparów ściekowych.
3. Dla wszystkich systemów obowiązuje ten sam poziom spełnienia wymagań, co do zachowania szczelności. Z uwagi na szereg właściwości (m.in. węższe zakresy tolerancji wymiarów rur i kształtek, znacznie mniejszą ilość połączeń elementów, nieosiągalną dla sztywnych systemów elastyczność) systemy z tworzyw sztucznych zachowują szczelność w szerszym zakresie zmienności warunków gruntowo-wodnych, a także wykazują najmniejszą awaryjność [14,3]. Chroni to system zarówno przed infiltracją i eksfiltracją (ze wszystkimi konsekwencjami tych niekorzystnych zjawisk) jak i również przed wrastaniem korzeni, które powodują blokady w kanalizacji.
4. Temat porównania ścieralności tworzyw i systemów kamionkowych omawiany był wielokrotnie [4,5,6].

Dobrym kryterium oceny materiałów tradycyjnych i tworzywowych jest porównanie obszarów zastosowania, których różne aspekty uwzględniono w Tabela 2:

Tabela 2. Obszary zastosowań systemów z różnych materiałów

| | Tworzywa termoplastyczne | Kamionka | Beton / żelbet |
|---|---|--|---|
| Kanalizacja sanitarna | x | x | - |
| Kanalizacja ogólnospławna | x | x | - |
| Kanalizacja deszczowa | x | x | x |
| Zakres możliwych głębokości w obszarach obciążonych ruchem SLW 60 | Zgodnie z normą PN-ENV 1046 – głębokość ułożenia: rury SN 4 i SN8: 0,8 m – 6m: – bez obliczeń sprawdzających Większe głębokości (do 10m ppt) na podstawie obliczeń Mniejsze głębokości (od 0,4 do 0,8 m ppt) – min SN 8 – z zabezpieczeniem | Wartości przykrycia min: Dn 150-450mm - 0,5m Dn 500mm - 0,6 m Dn 600mm - 0,7 m Dn 700mm - 0,8 m Wartości przykrycia max: - 6m w wykopach szalowanych - 5m w wykopach nieszalowanych | Możliwe dostosowanie do każdej głębokości na zasadzie indywidualnych obliczeń |
| Możliwość układania w strefie przemarzania | Materiały nienasiąkliwe – nie zmieniają struktury w skutek niskich temperatur Możliwe ułożenie w strefie przemarzania | Z uwagi na nasiąkliwość rur w klimacie Polski powinno być przestrzegane ułożenie poniżej strefy przemarzania (ok. 0,8-1,4m) | Z uwagi na nasiąkliwość rur w klimacie Polski powinno być przestrzegane ułożenie poniżej strefy przemarzania (ok. 0,8-1,4m) |
| Grunty rodzime | Klasy 1-6, w gruntach klas 5,6 możliwość zastosowania geowłókniny | Klasy 1-4, w gruntach klas 4,5,6 wymagana wymiana gruntu | Klasa 1-4, w gruntach klas 4,5,6 wymagana wymiana gruntu |
| Podsypki/podłoża | Podsypka - grunty klas 1-2, obsypka w strefie rury - grunty klas 1-4 | Podsypka - grunty klas 1-2 lub betonowa ława fundamentowa obsypka w strefie rury - grunty klas 1-2 | Podsypka - grunty klas 1-2 lub betonowa ława fundamentowa obsypka w strefie rury - grunty klas 1-2 |
| Wypełnienie wykopu - grunty obsypki zasypki | Grunt rodzimy klasy 1-6 Zagęszczenie dobre w strefie rury. Reszta wypełnienia wykopu wykonywana dla nawierzchni | Klasy 1-3 Zagęszczenie dobre na całej wysokości wykopu | Klasy 1-3 Zagęszczenie dobre na całej wysokości wykopu |
| Obszary szkód górniczych | Do IV klasy szkód włącznie | Do II klasy szkód włącznie | Brak danych |
| Obszary góryste z dużymi spadkami kanalizacji | x | x | - |

Wnioski:

1. W stosunku do rur tworzywowych, kanalizacja z ciężkich materiałów sztywnych (kamionkowych, betonowych i żelbetowych) wymaga ułożenia w gruntach niższych klas (często następuje konieczność wymiany gruntu).
2. Przeciwwskazaniem do płytkiego ułożenia rur sztywnych jest ich nasiąkliwość, co powoduje konieczność przegłębienia kanalizacji i jej układania poniżej strefy przemarzania.
3. Wyjątkowo niekorzystne jest dla rur z materiałów nasiąkliwych jednoczesne wystąpienie dwóch czynników: wysokiego poziomu wody gruntowej i płytkiego ułożenia, co prowadzi do degradacji materiału rur nasiąkliwych.
4. Dla systemów z tworzyw termoplastycznych możliwe jest ułożenie w strefie przemarzania. Temperatury poniżej 0°C nie mają destruktywnego oddziaływania na rury z tworzyw termoplastycznych. Odrębnym zagadnieniem jest zabezpieczenie ścieków przed zamarzaniem. Przy analizie takiego przypadku należy zawsze rozróżnić bilans strumieni ciepła biorąc pod uwagę ciepło zawarte w ściekach, w ciepłych strugach powietrza wynoszonego ze stref kanalizacji ułożonych poniżej strefy przemarzania i ostatecznie wymianę ciepła przez ścianki rury.

SYSTEMY KANALIZACYJNE Z TWORZYW SZTUCZNYCH – UNIKALNE MOŻLIWOŚCI

1. **W rurach tworzywowych ułożonych zachodzi zjawisko „relaksacji naprężeń”. Właściwość ta skutkuje trwałością eksploatacyjną ocenianą obecnie na minimum 100 lat.**

Rury z tworzyw termoplastycznych należy zawsze rozpatrywać jako układ wraz z otaczającym gruntem. Po zakończeniu montażu i skonsolidowaniu gruntu, tj. maksymalnie 2-3 lat od zakończenia robót ziemnych uzyskiwany jest stan równowagi pomiędzy rurą a gruntem. Ewentualne zmiany obciążeń (budowa drogi, dodatkowe nasypy, itd.) skutkują zawsze dochodzeniem układu do nowego stanu równowagi [11, PKN CEN TS 15223]. W takim przypadku niezależnie od zastosowanej sztywności obwodowej, technologii wykonania rur tworzywowych i konstrukcji ich ścianki, następuje relaksacja naprężeń, która ma największe znaczenie dla trwałości rur tworzywowych ułożonych w gruncie.

Znaczenie relaksacji potwierdzają badania [1,18], na podstawie których sformułowano następujące wnioski:

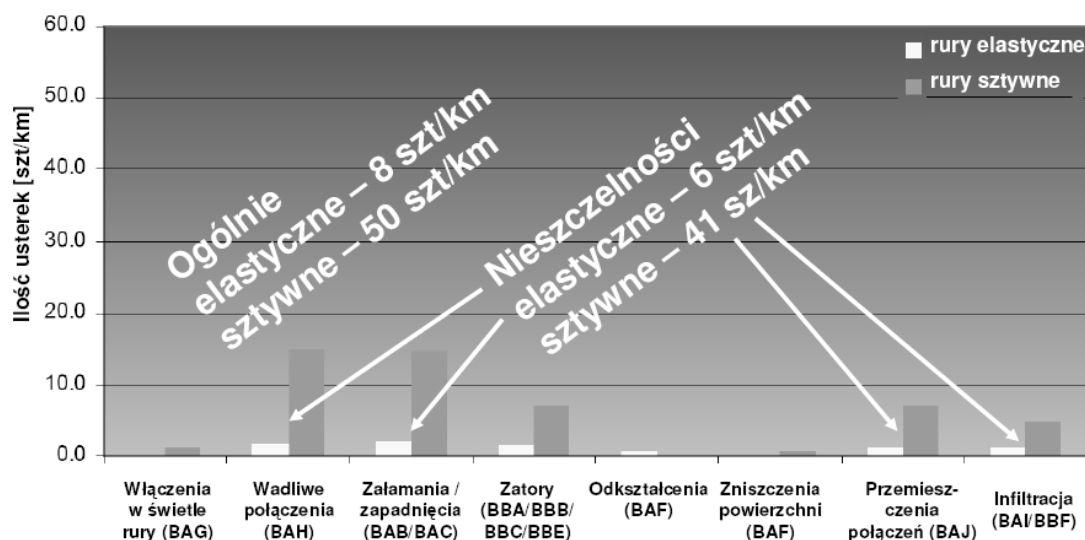
- rury tworzywowe po długoletniej eksploatacji zachowują funkcjonalność pod względem właściwości wytrzymałościowych jak i hydraulicznych;
- wysokie dopuszczalne naprężenia i zjawisko relaksacji pozwalają ocenić trwałość rur tworzywowych na minimum 100 lat;

Biorąc pod uwagę szacowany czas rozkładu tworzyw oraz korzystny wpływ relaksacji naprężeń na trwałość można stwierdzić, że doświadczenia z kolejnych dziesięcioleci pozwolą na przedłużenie spodziewanego czasu trwania i użytkowania tych systemów znacznie przekraczający okres 100 lat.

Systemy kanalizacyjne z materiałów sztywnych nie posiadają właściwości relaksacji naprężeń. W związku z tym producenci materiałów sztywnych pomijają to niezwykle korzystne zjawisko i jego znaczenie.

2. Systemy tworzywowe cechuje elastyczność, która jest niezbędną cechą każdego systemu kanalizacyjnego [14]. Systemy sztywne znacznie częściej narażone są w gruncie na utratę stateczności, rozszczelnienia i szereg innych awarii

W oparciu o szeroko zakrojony program badań prof. Steina D. [14] nastąpiło przewartościowanie wagi parametrów istotnych do budowy sieci kanalizacyjnej. W analizie statystycznej wyników inspekcji telewizyjnych prowadzonych w Niemczech i innych krajach elastyczne systemy kanalizacyjne z tworzyw sztucznych wykazały znacznie mniej usterek i awarii oraz mniejszy poziom nieszczelności wyrażający się infiltracją i eksfiltracją niż systemy sztywne.



Rys. 1 Wskaźnik ilości usterek i awarii na kilometr sieci wg [14]

Z uwagi na nieuniknioną dynamikę stosunków gruntowo-wodnych na skutek zjawisk hydrologicznych (wpływ wód podziemnych i podskórnych), klimatycznych (cykliczne zmiany temperatury) i pogodowych (opady, susze) elastyczność systemu została wskazana jako nieodzowna i niezastąpiona cecha systemu kanalizacyjnego.

Zasadność wyboru systemów z tworzyw sztucznych szczególnie w odniesieniu do ich elastyczności pozytywnie weryfikują duże obciążenia, trudne warunki gruntowo-wodne, tereny niestabilne (np. tereny eksploatacji górniczej) oraz ekstremalne warunki pogodowe (deszcze nawalne, powódzie).

3. Duże głębokości ułożenia (6-10m) nie stanowią problemu dla systemów tworzywowych, a dla systemów z materiałów sztywnych są bardzo trudno osiągalne i wymagają specjalnych zabiegów inżynierskich

Z właściwości i zachowań materiałów o właściwościach lepkosprężystych wynika wiele korzyści. Za bardzo istotną uznaje się współpracę rur tworzywowych z otaczającym gruntem [11, 12, 4, PKN CEN TS 15223].

W przypadku rur elastycznych ośrodek gruntowy stanowi nie tylko obciążenie przewodu, ale przede wszystkim bierze udział w przenoszeniu obciążeń. W rezultacie zmniejszeniu ulegają ekstremalne wartości momentów zginających decydujących o wielkości naprężeń i ugięć oraz nośności przekrojów rur. Dzięki temu następuje poprawa rozkładu obciążeń przez zbliżenie go do optymalnego – równomiernie rozłożonego wokół przekroju. W ten sposób pozornie „słabe” rury elastyczne wykazują zdolność do przenoszenia obciążeń większych niż wytrzymałe rury sztywne. Wraz ze wzrostem głębokości ułożenia przewodu większy udział mają składowe poziome odpory gruntu, a obniżenie sił działających na rurę wiąże się z powstawaniem przesklepienia z bryły gruntu

w obrębie wykopu. Dla rury elastycznej, odmiennie niż dla rury sztywnej, duże masy naziomu wynikające z głębokości ułożenia nie mają dużego znaczenia (przy dobrym i trwałym zagęszczeniu gruntu w strefie rury).

Co prawda zakres norm dotyczących kanalizacji grawitacyjnej obejmuje głębokości do 6 m, jednak doświadczenia producentów rur tworzywowych wykazują jednoznacznie, że w przypadku takiej potrzeby rury tworzywowe mogą być układane na większych głębokościach (6-10m).

Również zwiększenie głębokości (np. zwiększanie naziomu w przypadku inwestycji drogowych) dla wcześniej ułożonych rur tworzywowych nie stanowi problemu. W tym wypadku dodatkowo znaczenia nabiera fakt, że współczynnik bezpieczeństwa w przypadku rur tworzywowych jest na poziomie około 4 [10]. W przypadku rur sztywnych takie sytuacje muszą być analizowane za każdym razem i prawdopodobne jest, że pojawią się przeciwwskazania wynikające z przekroczenia wytrzymałości i konieczność stosowania specjalnych zabezpieczeń.

4. Systemy tworzywowe „biorą na siebie” skutki ewentualnych błędów po stronie projektowania i wykonawstwa

Systemy sztywne „nie wybaczą” błędów.

Nawet przy zastosowaniu materiałów uchodzących za niezawodne w rzeczywistych warunkach w kanalizacji pojawiają się awarie. W takich przypadkach przyczyn upatruje się w nieprawidłowościach, które wystąpiły w:

- niewłaściwym rozeznaniu warunków gruntowo-wodnych lub nieuwzględnieniu ich specyfiki w projektowaniu;
- wykonawstwie;
- użytkowaniu, np. przekroczeniu obciążeń w stosunku do założeń projektowych;

a także nieprzewidzianym zdarzeniom, w tym anomalii pogodowym (np. nawalnym deszczom).

Rurociągi tworzywowe są najbardziej „przyjazne” dla projektantów, wykonawców i użytkowników:

- projektowanie zarówno pod względem hydraulicznym jak i wytrzymałościowym nie wymaga wyszukanych metod obliczeniowych i opiera się w dużej mierze o przejrzyste, uproszczone materiały (np. PN-ENV 1046, PN-EN 1295). Konieczne w przypadku każdego z systemów kanalizacyjnych badania gruntowo-wodne w mniejszym stopniu wpływają na konieczność doboru przez projektanta szczególnych zaleceń montażowych. Są one standardowe, ograniczone w swoim zakresie rzeczowym i nie wykraczają poza ogólne zasady opisane w normie PN-EN 1610. W zależności od obciążeń statycznych (głębokość ułożenia) i dynamicznych (od ruchu) dla poszczególnych klas gruntów rodzimych wybiera się jedynie odpowiednią sztywność obwodową rury i stopień zagęszczenia obsypki, który może być osiągnięty różnymi sposobami [13]. Natomiast projektowanie systemów z materiałów sztywnych, opiera się o skomplikowane metody obliczeniowe wymagające szczegółowej znajomości gruntów w inwestycji, poziomu wody gruntowej, kształtu wykopu, szalowania i innych czynników. W przypadku materiałów sztywnych zmiana jakiegokolwiek czynnika może mieć znaczne konsekwencje dla wytrzymałości systemu.

- zjawiska naturalne zarówno nieuniknione typu zamarzanie/odtajanie jak i nieprzewidziane np. ulewne deszcze lub powódzie mogą wpłynąć na system tworzywowy tylko poprzez znaczące zmiany zagęszczenia gruntu w strefie rury. Również ruchy gruntu w obszarach niestabilnych np. w terenach szkód górniczych mieszczą się w zakresie możliwości przystosowania się tworzyw. Dla systemów sztywnych znacznie mniejsza skala zmian posadowienia ma negatywny wpływ na stabilność konstrukcji jak i hydraulikę. Niewiele z wad / usterek materiałów elastycznych skutkuje utratą stabilności, rurociągu czy rozszczelnieniem, podczas, gdy nieszczelności częściej pojawiają się w systemach z materiałów sztywnych. Faktem jest również, że nieszczelności (zarówno infiltracja jak i eksfiltracja) wymagają działań naprawczych w krótkim czasie, w przeciwnym przypadku skutki awarii mają większą skalę i wiele innych niekorzystnych, pogłębiających się w czasie konsekwencji.

W przypadku zastosowania materiałów elastycznych trudniej popełnić błędy projektowe, łatwiej zachować reżimy wykonawcze. Mówi się obiegowo, że rury tworzywowe „biorą na siebie” skutki ewentualnych błędów po stronie projektowania i wykonawstwa i dzięki elastyczności są w stanie dostosować się do zmian gruntów spowodowanych działaniami natury. Nie należy tego w żadnym wypadku rozumieć jako powodu do zrezygnowania z zachowania standardów wykonawczych. Czynnikiem dobrego zagęszczenia gruntu w strefie rury ma bardzo wysokie znaczenie - 80%. Wykonanie staranne zdefiniowane w PN-EN 1046 ma bezpośrednie przełożenie na wydłużenie trwałości i minimalizację awaryjności.

System sztywne znacznie częściej „nie wybaczą” błędów. Taki sam poziom prac nie wystarczy. Ilość czynników, które mogą spowodować awarie, w tym pęknięcia stanowi długą listę, przy czym czas ich pojawienia jest w tych systemach nieprzewidywalny, co powoduje konieczność częstych przeglądów sieci, częściej (na bieżąco) prowadzonych napraw, w przeciwnym wypadku skutki tych awarii mogą być znacznie większe (zniszczenia bardziej rozległe, a naprawy bardziej kosztowne).

5. Systemy tworzywowe umożliwiają skanalizowanie z zastosowaniem grawitacji większego obszaru przy tej samej rzędnej odbiornika.

Nie dorównują im w tym systemy betonowe, żelbetowe a nawet kamionkowe

Systemy z tworzyw sztucznych umożliwiają projektowanie i wykonanie z zastosowaniem:

- możliwości prowadzenia przewodów kanalizacyjnych na mniejszych głębokościach nawet częściowo w strefie przemarzania (po uwzględnieniu bilansu ciepła);
- mniejszych spadków.

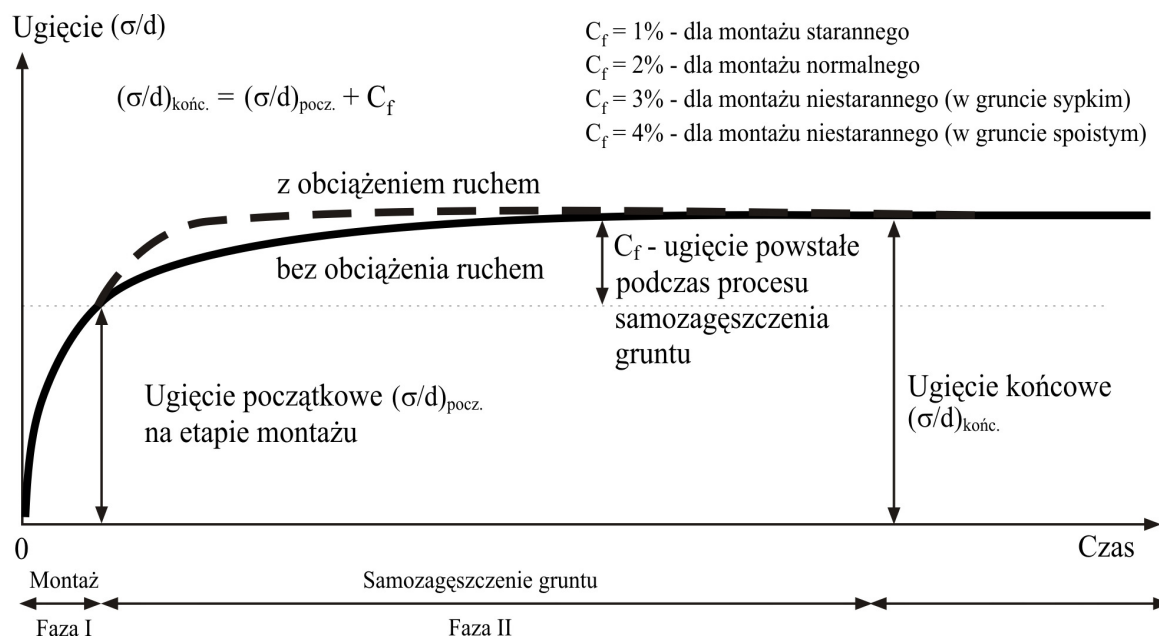
Przy jednej rzędnej odbiornika możliwe jest wykonanie dłuższego systemu kanalizacyjnego, odbierającego ścieki z większego obszaru bez zastosowania przepompowni. Długie przebywanie ścieków w systemie i ewentualne skutki zagniwania w postaci agresywnych oparów nie oddziałują negatywnie na system.

Zaprojektowanie systemu kanalizacyjnego z możliwościami, jakie stwarzają systemy tworzywowe powoduje wymierne korzyści ekonomiczne zarówno na etapie wykonawstwa (mniej robót ziemnych, krótsze czasy odwadniania wykopów), jak i potem na etapie użytkowania (brak kosztów pompowania).

Ta korzyść ze stosowania systemów kanalizacyjnych z materiałów termoplastycznych wynika z ich niskiej chropowatości, odporności chemicznej i braku nasiąkliwości, która skutkuje odpornością na destrukcyjne działania mrozów.

6. W całym okresie eksploatacji awaryjność systemów tworzywowych jest dużo niższa niż systemów z materiałów sztywnych. W systemach tworzywowych większość błędów wykonawczych ma szansę być wyeliminowana już w okresie gwarancyjnym.

Charakterystyczny dla rur z tworzyw termoplastycznych proces dochodzenia do równowagi w ośrodku gruntowym w zależności od rodzaju gruntu obsypki i jego zdolności do samokonsolidacji trwa od kilku miesięcy w przypadku gruntów łatwozagęszczalnych do 3 lat w przypadku gruntów trudnozagęszczalnych.



Rys. 2. Proces kształtowania się ugięcia jako proces dochodzenia rury i otaczającego gruntu do równowagi - ugięcie końcowe w funkcji czasu

Dla użytkowników i inwestorów rur z tworzyw termoplastycznych przekłada się to na wniosek, że usterki wynikające z niewłaściwego wykonawstwa lub nieprzewidzianego zachowania gruntu mogą pojawić się w trakcie konsolidowania gruntu, tj. w okresie pierwszych 3 lat od zakończenia prac montażowych. Przy obecnej praktyce stosowanej przy inwestycjach błędy pojawiają się zatem w okresie gwarancyjnym. Później prawdopodobieństwo pojawienia się awarii staje się znikome. W zadaniach inwestycyjnych stanowi to istotną zaletę – błędy wykonawcze da się „wyłapać” w trakcie inspekcji telewizyjnej towarzyszącej odbiorom pogwarancyjnym. Przy postępowaniu, w którym występuje wadium należytego wykonania robót, sprzyja to wyegzekwowaniu odpowiedniego zakresu ewentualnych napraw. Inspekcja telewizyjna, która po tym okresie wykazuje brak błędów świadczy o tym, że kanalizacja będzie działać bezproblemowo przez szereg lat.

W przypadku rur sztywnych rozkład awarii ma inny – nieprzewidywalny charakter, występujący w całym okresie eksploatacji. Co więcej błędy wykonawcze i leżące po stronie warunków gruntowo-wodnych są maskowane przez grube rury we wstępnym okresie i monitorować je należy nieporównywalnie częściej z uwagi na rodzaj charakterystycznych dla tych materiałów awarii (pęknięcia, rozszczelnienia) i ich kaskadowo rosnące konsekwencje.

Przytoczone w niniejszej części opracowania unikalne właściwości i stwarzane przez nie możliwości systemów tworzywowych nie wyczerpują zagadnienia. Zrozumienie powyższych procesów stanowi jednak dla każdego z uczestników cyklu inwestycyjnego podstawę by z zastosowaniem systemów tworzywowych rozwiązać problemy występujące w projektowaniu,

wykonawstwie i eksploatacji. Nowe perspektywy stwarzane przez systemy z tworzyw sztucznych i usuwanie tradycyjnych ograniczeń nie są jeszcze w pełni wykorzystywane. Podane powyżej argumenty dają szansę na korzystne zmiany i lepsze wykorzystanie tych możliwości, co nabiera szczególnego znaczenia w związku z urbanizacją coraz to nowych terenów oraz obecnym tempem i zakresem wykonywania robót kanalizacyjnych.

PORÓWNANIE REŻIMÓW TECHNOLOGICZNYCH MONTAŻU SYSTEMÓW KANALIZACYJNYCH Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH I MATERIAŁÓW TRADYCYJNYCH

Każdy z systemów – elastycznych i sztywnych ma specyficzne dla swojego rozwiązania zasady doboru i zalecania montażowe. Wiele zaleceń ma uniwersalny charakter i odnosi się do wszelkiego rodzaju rur [8,9, 11,19]. Do takich należą m.in. wymagania zachowania ostrożności przy transporcie, rozładunku, umieszczeniu w wykopie, zachowaniu czystości połączeń kielichowych z uszczelkami, zachowaniu osiowości prowadzenia łączonych kielichowo rur i ochronie bosych końców przed zniszczeniem.

Niektóre zalecenia mają charakter specyficzny – zależny od rodzaju systemu. Dla systemów z tworzyw za specyficzne uznaje się zasadę starannego prowadzenia zagęszczenia gruntu w strefie rury, przez co rozumie się doprowadzenie do oczekiwanego poziomu zagęszczenia gruntu w zależności od obciążeń (statycznych i dynamicznych) i zabezpieczeniu przez niekorzystną zmianą tego zagęszczenia. Zasady doboru i zalecania montażowe dla rurociągów tworzywowych są opisane dokładnie w normie PN-ENV 1046. Norma podaje praktyczne tabele dla systemów kanalizacyjnych pozwalające na w sposób uproszczony dobranie przez projektanta klasy sztywności rurociągów oraz odpowiadającej jej właściwej klasy zagęszczenia gruntu w zależności od grupy gruntu, planowanej głębokości ułożenia oraz obciążenia ruchem. W zakresie głębokości od 1 – 6 metrów dla gruntów rodzimych klas 1-6 nie wskazuje się żadnych dodatkowych zabiegów poza standardem wykonania robót (stopniem zagęszczenia gruntu).

Ponadto norma PN-ENV 1046 wyraźnie zezwala na zastosowanie rur o mniejszej sztywności obwodowej niż wynikające z tabel, jeśli potwierdzą to obliczenia lub wcześniejsze doświadczenia dla danych warunków gruntowych oraz obciążeń statycznych i dynamicznych. Dopuszczenie to procentuje szczególnie przy rurach o dużych średnicach ($D_n > 800\text{mm}$), dla których istnieje techniczna możliwość wykonania rur o indywidualnie dobranej sztywności obwodowej, i dla których celowe jest zoptymalizowanie parametrów technicznych w oparciu o analizę techniczno-ekonomiczną.

Poniżej zamieszczono kompletne tabele w odniesieniu do sztywności powszechnie stosowanych w systemach kanalizacyjnych, tj. SN 8, 4 i 2 sporządzone w oparciu o normę PN-ENV 1046.

Tabela 3. Sztywności rur kanalizacji grawitacyjnej montowanych w różnych gruntach w zależności od głębokości ułożenia – obszary obciążone ruchem pojazdów

| Grupa materiału obsypki/zasypki ¹⁾ | Zagęszczenie – klasy ²⁾ | Sztywność obwodowa rur SN kN/m ² | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|-----------------|----|----|----|----|
| | | Dla głębokości przykrycia ≥ 1 m i ≤ 3 m | | | | | |
| | | Podłoże – grupa nienaruszonego gruntu rodzimego ¹⁾ | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | W | 4 | 4 | 8 | 8 | ** | ** |
| 2 | W | | 8 | 8 | ** | ** | ** |
| 3 | W | | | ** | ** | ** | ** |
| 4 | W | | | | ** | ** | ** |
| Dla głębokości przykrycia > 3 m i ≤ 6 m | | | | | | | |
| 1 | W | 2 ³⁾ | 2 ³⁾ | 4 | 4 | 8 | 8 |
| 2 | W | | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 |
| 3 | W | | | 8 | 8 | ** | ** |
| 4 | W | | | | ** | ** | ** |

Tabela 4. Sztywności rur kanalizacji grawitacyjnej montowanych w różnych gruntach w zależności od głębokości ułożenia – obszary bez obciążenia ruchem

| Grupa materiału obsypki/zasypki ¹⁾ | Zagęszczenie – klasy ²⁾ | Sztywność obwodowa rur SN kN/m ² | | | | | |
|--|---------------------------------------|---|---|---|----|----|----|
| | | Dla głębokości przykrycia ≥ 1 m i ≤ 3 m | | | | | |
| | | Podłoże – grupa nienaruszonego gruntu rodzimego ¹⁾ | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | W | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 8 |
| | M | 2 | 2 | 2 | 4 | 8 | 8 |
| | N | | 2 | 2 | 4 | 8 | ** |
| 2 | W | | 2 | 2 | 4 | 8 | 8 |
| | M | | 2 | 4 | 8 | 8 | 8 |
| | N | | 4 | 8 | 8 | 8 | ** |
| 3 | W | | | 4 | 8 | 8 | 8 |
| | M | | | 8 | 8 | ** | ** |
| 4 | W | | | | 8 | 8 | 8 |
| | M | | | | ** | ** | ** |
| Dla głębokości przykrycia > 3 m i ≤ 6 m | | | | | | | |
| 1 | W | 2 | 2 | 4 | 4 | 8 | 8 |
| | M | 2 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 |
| 2 | W | | 4 | 4 | 5 | 8 | 8 |
| | M | | 8 | 8 | 8 | ** | ** |

Objaśnienia do Tabel 3 i 4:

1) Grupa gruntu wg klasyfikacji gruntów z normy PN-ENV 1046

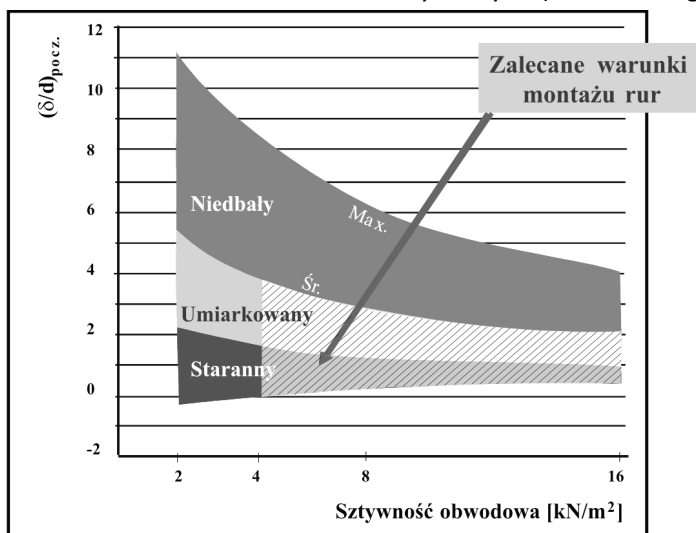
2) Klasa zagęszczenia gruntu (W-wysoka, M-umiarkowana, N-brak zagęszczenia) wg PN-ENV 1046

3) Rury o sztywności obwodowej SN 2 nie są zalecane do stosowania w zastosowaniach infrastrukturalnych a zwłaszcza w inżynierii komunikacyjnej.

UWAGA: lokalizacje płytsze niż 0,8 m oraz oznaczone (***) wymagają szczególnych zaleceń montażowych w oparciu o obliczenia

Podkreślenia wymaga fakt, że rury tworzywowe oprócz wyrównanego dna wykopu, warstwy wyrównującej podsypki o grubości 5-10cm oraz zagęszczenia gruntu w strefie rury nie wymagają wyrafinowanych warunków posadowienia (ław fundamentowych, wzmocnienia podłoża).

Rys 3. Zalecane warunki montażu rur tworzywowych (zależność ugięć od standardu wykonania robót



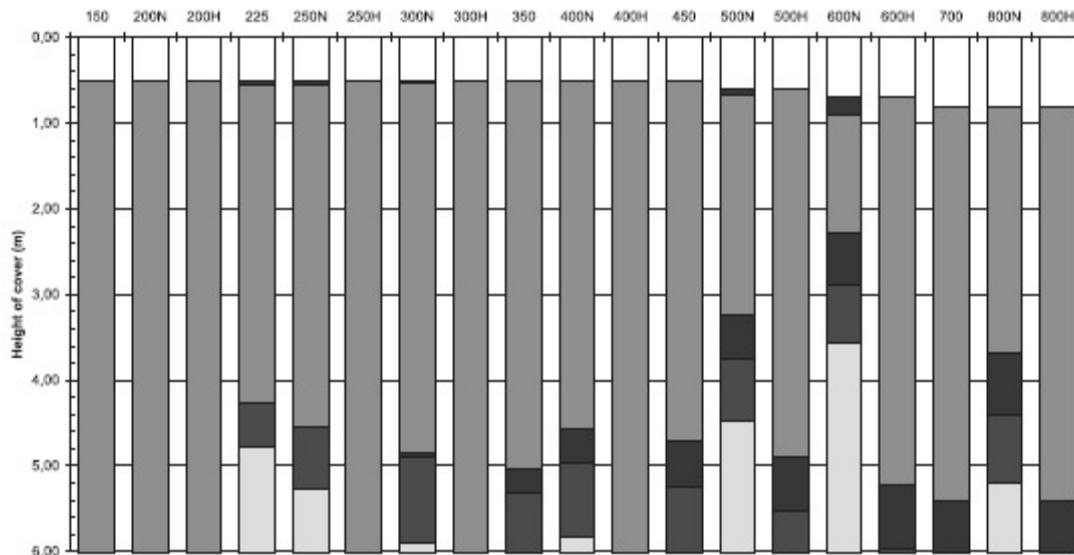
dla różnych sztywności obwodowych rur) Źródło: [14]

Zalecany w bardziej odpowiedzialnych zastosowaniach rur tworzywowych montaż staranny (zdefiniowany w normach PN-ENV 1046 i PKN CEN TS 15223) jest mniej wymagający niż standard wypełnienia wykopu dla rur sztywnych. Montaż średni/umiarkowany (PN-ENV 1046 i PKN CEN TS 15223) jest również możliwy i często wystarczający (patrz Tabele 3 i 4). Różnicowanie takie jest pewnego rodzaju racjonalizacją – dostosowaniem do szybkiego tempa obecnie prowadzonych budów, ale stanowi wyraźne odcięcie od montażu niestarannego, który stanowczo musi być wyeliminowany z praktyki wykonawczej, a polega na zasypaniu wykopu z poziomu terenu bez ochrony rury i pozostawieniu zagęszczenia naturze. Taki standard jest również stanowczo wykluczany w instrukcjach dla systemów sztywnych.

Zalecenia montażowe dla rur z materiałow tradycyjnych przeanalizowano w oparciu o instrukcje montażu rur kamionkowych [9]. Na dobór wytrzymałości rur i warunków ich posadawiania wpływ mają nie tylko obciążenie statyczne (głębokość ułożenia) i dynamiczne (rodzaj obciążenia ruchem) oraz ale też rodzaj gruntu rodzimego, gruntu zasyпки, rodzaju wykopu, sposobów szalowania. W obliczeniach i doborach konieczne jest uwzględnienie wszystkich tych czynników.

Dla niezliczonych ilości możliwych w rzeczywistości wariantów producenci polecają własne tablice lub obliczenia, które oprócz klasy rury (standardowej lub wzmocnionej), wskazują również niezbędne warunki posadawienia. Na wypadek zmian, które mogą zdarzyć się w okresie użytkowania, dla uproszczenia z zasady te rurociągi przewymiarowuje się - od razu przyjmuje się obciążenie dynamiczne ruchem ciężkim i nie uwzględnia się wpływu wody gruntowej jako czynnika mającego wpływ na zmniejszenie obciążenia statycznego. W przypadku tych rur racjonalizacja jest niemożliwa. W przypadku rur kamionkowych nie zmusza do tego również brak konkurencyjności w realiach polskiego rynku.

Przykład doboru rur kamionkowych i warunków ich posadawienia w zależności od średnicy, klasy rury i głębokości przykrycia zawiera poniżej załączony rysunek:



Rys. 4 Dobór klasy rur kamionkowych i podłoża dla warunków:

Grunt rodzimy - G1, podłoże - G1, obsypka - G1

Woda gruntowa – tak

Obciążenie ruchem – SLW 60

Wykop ze skarpami 90°, szalowany,
szerokość wg PN-EN 1610

Objaśnienia : Oś pionowa – głębokość wykopu [m]
jej klasa

Oś pozioma górna – średnica rury i

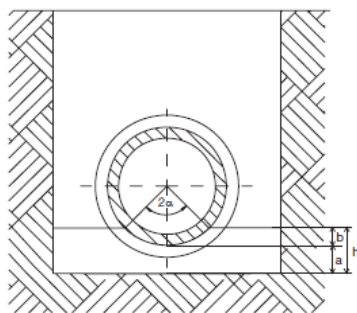
Rury N – standardowe, Rury H - wzmocnione

Legenda: Zielony – wypełnienie wykopu piaskowo/żwirowe [wg rys.4]

Granatowy – podłoże betonowe – 90° [wg rys.5]

Różowy – podłoże betonowe – 120° [wg rys.5]

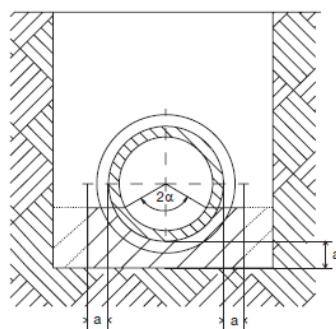
Żółty – podłoże betonowe – 180° [wg rys.5]



$a_{\min} = 100 \text{ mm}$, embedment angle $2\alpha = 90^\circ$

**Rys. 4 Podłoże piaskowo-żwirowe
– kąt podparcia 90°**

Źródło: [9]



$a = 50 \text{ mm} + 0,1 \text{ DN}$ (100 mm minimum), embedment angle $2\alpha = 90^\circ, 120^\circ$

**Rys. 5 Podłoże betonowe
– kąt podparcia $90^\circ, 120^\circ$ lub 180°**

Źródło: [9]

PORÓWNANIE SYSTEMÓW KANALIZACYJNYCH Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH DO SYSTEMÓW KAMIONKOWYCH

wg materiałów informacyjnych ich producentów

Zaletami systemów kamionkowych wg materiałów informacyjnych ich producentów są: niska chropowatość, odporność chemiczna, szczelność 100%, niska ścieralność, ekologiczna produkcja i użytkowanie, udowodniona trwałość (100+, 150, 280, 3000 lat wg różnych źródeł). Jako wyróżniające w stosunku do systemów tworzywowych podkreślają takie zalety jak: odporność na zmęczenie, „właściwości blokujące pożar”. Niektóre materiały informacyjne jako argumentu używają zestawienia 12-miesięcznej gwarancji dla rur tworzywowych ze 100-letnią gwarancją na korozję w przypadku rur kamionkowych. [7, 19]

Swoje przewagi w odniesieniu do systemów tworzywowych upatrują przede wszystkim w wadach rur z tworzyw takich, jak:

- podatności rur tworzywowych na odkształcenie,
- zagrożeniu korozją systemów z tworzyw,
- maksymalnej trwałości 20 lat,
- degradacji w temperaturach powyżej 30°C ,
- wyższej ścieralności.

Wiarygodność wielu z powyższych argumentów (m.in. wyższa ścieralność [5,6]) została podważona już we wcześniejszych publikacjach i przedstawione fakty poparty zupełnie odmienne tezy:

- podatności rur tworzywowych na odkształcenie jest zaletą, z której wynika duża wytrzymałość systemów tworzywowych
- odporność na odczyny pH 2-12 jest porównywalna z systemami kamionkowymi. Tworzywa wykazują również odporność na substancje ropopochodne w stężeniu do 10% oraz wiele substancji występujących w przemyśle. Odporność powyższa jest wystarczająca dla kanalizacji. Sprawdza się też w wielu zastosowaniach przemysłowych. Zestawienia dotyczące odporności chemicznej poszczególnych tworzyw termoplastycznych zawiera wielostronicowy raport ISO/TR 10358. Odporność na media

wskazane przez producentów kamionki (woda królewska - HCl/HNO₃, kwas siarkowy 98%, woda chlorowa - roztwór wodny nasycony, wodorotlenek wapnia - roztwór wodny nasycony, ksylen - stężenie handlowe) wymagana jest dla opakowań roztworów chemicznych lub laboratoriów chemicznych, a nie dla systemów kanalizacyjnych. Niemniej i w takich zastosowaniach chętniej poszukuje się odpowiednio odpornego tworzywa niż korzysta z odporności kamionki;

- dotychczasowe doświadczenia z około kilkudziesięciu lat stosowania rur tworzywowych, starzeniowe badania laboratoryjne i ocena wpływu relaksacji naprężeń na trwałość systemów z tworzyw potwierdzają minimum 100-letnią trwałość rur w kanalizacji.
- o oddziaływaniu wysokich temperatur na trwałość mówi się wprost przy ciśnieniowych systemach tworzywowych. Systemy grawitacyjne z tworzyw nie wykazują zmian pod wpływem temperatur jakie występują w systemach kanalizacyjnych, tj. maksimum 45°C zgodnie z normą PN-EN 476. Systemy z różnych materiałów termoplastycznych w zależności zastosowanego materiału i konstrukcji ścianki dopuszczają pracę przy różnych temperaturach maksymalnych:
 - rury z PVC-u ze ścianką litą do 60 °C w przepływie ciągłym i do 75 °C w przepływie chwilowym;
 - rury z PVC-u i z rdzeniem spienionym do 60 °C;
 - rury z PE ze ściankami strukturalnymi do 60 °C;
 - rury z PP ze ściankami strukturalnymi do 60 °C;
 - rury PE ze ścianką litą – do 80 °C;
 - rury PP ze ścianką litą – do 95 °C.

Powyższe zakresy odporności temperaturowej są wystarczające dla systemów kanalizacji zewnętrznej. W przypadku innych aplikacji tworzywa sztuczne umożliwiają szerszy zakres temperatury mediów. W razie takiej potrzeby wśród dostępnych na rynku rozwiązań tworzywowych możliwe jest dobranie systemów bardziej odpornych na temperatury.

- odporność na ścieranie jest niezbędna w systemach kanalizacji deszczowej jak i ogólnospławnej narażonych na oddziaływanie dużych ilości zanieczyszczeń mineralnych. Badania wg metody darmstadzkiej wykazują, że tworzywa termoplastyczne PVC-U, PE i PP są najbardziej odporne z materiałów stosowanych w systemach kanalizacyjnych, przewyższając dotychczas uznany za najlepszy i sprawdzony przez lata materiał - kamionkę szklawioną [4,5,6]. Normy dla rur kanalizacyjnych z PVC-U, PE, PP oraz strukturalnych (PN-EN 1401, 13244, 1852 oraz 13476) podają, że materiały te są nieścieralne w praktyce, a grubość ścianek rur litych oraz warstw wewnętrznych w rurach strukturalnych jest wystarczająca i uwzględnia długotrwałą eksploatację. Normy te uznają badania ścieralności kanalizacyjnych systemów z tworzyw za zbędne. Natomiast norma PN-EN 295 w odniesieniu do kamionki w ramach okresowej kontroli produktów wymaga badania ścieralności. Warto również podkreślić, że kamionkę charakteryzuje zwiększenie ścieralności oraz pogorszenie właściwości hydraulicznych wraz z utratą warstwy glazury.

PORÓWNANIE SYSTEMÓW KANALIZACYJNYCH Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH DO SYSTEMÓW BETONOWYCH I ŻELBETOWYCH

wg materiałów informacyjnych ich producentów

Zaletami systemów betonowych wg materiałów informacyjnych producentów są m.in.: wytrzymałość, trwałość, niezawodność, niepalność, niski koszt wykonania i eksploatacji w porównaniu z konkurentami, lokalna dostępność, możliwy duży zakres średnic, ekologiczna produkcja i użytkowanie oraz recykling, trwałość udowodniona (50, 80, 100 lat wg różnych źródeł), postęp w ostatnich latach (kontrola jakości, dodatki poprawiające właściwości betonu).

Swoje przewagi w odniesieniu do systemów tworzywowych upatrują przede wszystkim w wadach rur z tworzyw takich, jak [19]:

- podatności rur tworzywowych na odkształcenie;
- przeniesieniu na grunt odpowiedzialności za układ rura otaczający grunt w proporcji: 20% - rura, 80% - grunt, podczas, gdy w przy rurach z betonu parametry te układają się w proporcjach 85% zależy od wytrzymałości rury i tylko 15 % od paramentów gruntu, (dla porównania dla kamionki 90% - rura i 10% - grunt);
- wysokich wymaganiach odnośnie wykonania robót skutkującymi większymi ilościami materiału podsypki i obsypki;
- niskiej trwałości (maksymalnie 13-15 lat wg różnych źródeł);
- wysokim wskaźnikom zużycia energii na produkcję rur tworzywowych oraz zanieczyszczeniu środowiska przez tworzywa.

Wiele z powyższych argumentów wymaga skomentowania w celu sprostowania:

- podatność rur tworzywowych na odkształcenie jest zaletą, z której wynika duża wytrzymałość systemów tworzywowych. Dzięki temu, że rury tworzywowe są mniej sztywne od otaczającego gruntu są mniej narażone na zniszczenia i awarie;
- przeniesienie na grunt odpowiedzialności za układ rura otaczający grunt w proporcji: 20% - rura, 80% - grunt, podczas, gdy w przy rurach z betonu i żelbetu parametry te układają się w proporcjach 85% zależy od wytrzymałości rury i tylko 15% od paramentów gruntu wykorzystuje nieuniknioną operację, jaką jest konieczność wypełnienia wykopu. Grunt w wykopie pod wpływem zagęszczenia zwiększa sztywność i staje się wsparciem dla rury. Idea wykorzystania gruntu w przenoszeniu obciążeń przez rury tworzywowe bazuje na wiedzy z zakresu mechaniki gruntów i właściwości materiałów termoplastycznych. Podejście takie w dużej mierze wpływa na aspekty ekonomiczne inwestycji, gdyż prowadzi do racjonalizacji rozwiązań tworzywowych w odniesieniu do aplikacji. Systemy tradycyjnych pomimo wymagania wysokich standardów wykonania robót w nikłym stopniu wykorzystują nieodzowne staranne wypełnienie wykopu. W porównanie obu podejść to nowatorskie stosowane dla systemów tworzywowych zasługuje na uznanie;
- jeśli chodzi o większe zużycie materiałów podsypki i obsypki dla rur tworzywowych, to teza ta pochodzi prawdopodobnie z niewłaściwej interpretacji określania wypełnienia wykopu jako staranny. W oparciu o normę PN-ENV 1046 podkreślenia wymaga fakt, dla rur tworzywowych dopuszcza się grunty 1-4 klas w strefie rury i możliwość wypełnienie wykopu gruntem rodzimym. Jedynie dla strefy rury dla „wygody” wykonawców korzystne jest zapewnienie warstw materiału łatwo zagęszczanego. W ten sposób łatwo uzyskuje się zagęszczenie na wyższym poziomie istotne dla trwałości rury oraz eliminuje się z bezpośredniej strefy rury duże, ciężkie, posiadające ostre krawędzie zanieczyszczenia (m.in. kamienie, korzenie, gruz, itp.). Dobre zagęszczenie wymagane

jest w strefie rury – reszta wypełnienia wykopu wykonywana jest dla nawierzchni. Dla rur sztywnych, w tym betonowych i żelbetowych niezależnie od tego, że nośność gruntu w przenoszeniu obciążeń przez te rury ma znikome znaczenie, w stosunku do wypełnienia wykopu oraz posadowienia rur sztywnych, stawia się bardzo wysokie wymagania. Zalecenia odnośnie podsypki i obsypki są bardziej wymagające (doskonale zagęszczone grunty klas 1 i 2 – min 97-98% SPD). Jak w przypadku wszystkich innych materiałów konieczne jest wyeliminowanie twardych ciężkich, przedmiotów o ostrych krawędziach;

- argument o trwałości rur tworzywowych wynoszącej maksymalnie 15 lat jako nieprawdziwy nie wymaga komentarza.

Podane zalety systemów kanalizacyjnych z kamionki, betonów i żelbetu nie są kwestionowane przez producentów systemów z materiałów konkurencyjnych. Faktem jest, że wiele z tych cech systemy tworzywowe mają na tym samym lub wyższym poziomie. W pracy udowodniono ponadto, że systemy tworzywowe wyróżniają cechy i właściwości nieosiągalne dla systemów sztywnych.

Głównymi powodami szafowania nieprawdziwymi argumentami przez konkurentów – producentów materiałów sztywnych jest oczywiście walka konkurencyjna i poczucie zagrożenia, co do dalszej utraty pozycji na rynku [2].

Absurdalność niektórych stwierdzeń może wynikać z przekonania lub też ze złej woli. Ma ona podłoże w braku zrozumienia odmienności materiałów o właściwościach lepkosprężystych, bazuje na braku umiejętności odparcia argumentów przez użytkowników rur (projektantów, wykonawców, inwestorów i eksploatorów) i jest obliczona na skuteczne odstraszenie od systemów tworzywowych i utrzymanie pozycji na rynku.

ANALIZA ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

W świetle głośnych dyskusji prowadzonych nad ociepleniem klimatu, którym towarzyszy zrozumienie dla konieczności ograniczenia zużycia energii i wydzielania gazów cieplarnianych może się wydawać, że materiały tradycyjne w tym aspekcie mają przewagę nad materiałami tworzywowymi. Również fakt, że po zakończeniu ich użytkowania w sieciach stają się kruszywem budowlanym przyjaznym dla środowiska stanowi ich mocny punkt w analizie oddziaływania na środowisko. Swoją przewagę producenci rur kamionkowych, betonowych i żelbetowych upatrują we niskich wartościach wskaźników energochłonności produkcji na kg wyrobu.

Znaczący błąd tkwi w rozumowaniu – rur kanalizacyjnych nie kupuje się na kilogramy. Znaczące różnice w zużyciu energii na kg rur sztywnych i tworzywowych zanikają, gdy w kalkulacji uwzględną się masę rury. Dodatkowo uwzględnić trzeba fakt, że w związku z postępowaniem w dziedzinie przetwórstwa tworzyw sztucznych alternatywą dla rur kamionkowych, betonowych i żelbetowych w tych samych średnicach stają się wciąż nowe rury tworzywowe – lżejsze, do których produkcji stosuje się znacznie mniej surowca.

Jak podano na początku opracowania w rzetelnej analizie cyklu życia produktu bierze się pod uwagę również inne czynniki. Aby analiza ta była kompletna poza wskaźnikiem energochłonności konieczne jest uwzględnienie kosztów transportu, utylizacji, kosztów materiałów kompletacyjnych (głównie uszczelnień).

Dotychczas nie znaleziono wiarygodnych porównań. Niezależnie od faktu, że wyrobami konkurującym w sposób skuteczny z wyrobami betonowymi są rury tworzywowe

strukturalne z PP lub PE do porównań standardowo podstawiane są wartości „ciężkich” rur z PVC-u ze ścianką litą. Zestawienia takie uznać należy za tendencyjne i nie można ich uznać za rzetelne uzasadnienie przewagi.

Więcej informacji na temat oceny oddziaływania na środowisko rur tworzywowych w całym cyklu ich życia znaleźć można na stronach internetowych organizacji TEPPFA, PVC4PIPES, itd. [16,17].

PODSUMOWANIE

1. Zastosowanie tworzyw sztucznych w systemach kanalizacyjnych stwarza szereg nowych możliwości, które pozwalają na obniżenie kosztów budowy i eksploatacji sieci kanalizacyjnej, szybki, sprawny i efektywny proces urbanizacji ze standardem uzbrojenia adekwatnym dla XXI wieku.
2. Trendy europejskie [2] i światowe pokazują, że tworzywa mają ugruntowaną - wiodącą pozycję w kanalizacji grawitacyjnej, zakres stosowania tworzywowych systemów rośnie z każdym rokiem, a ich udział procentowy w największych krajach europejskich w ostatnich latach wynosi ponad 70% w grupie małych średnic (do DN 300) oraz około 50% w grupie średnic średnich (do DN 500). Do kamionki należy niewielki procent rynku. Beton i żelbet mają znaczący udział w segmencie dużych średnic (DN >500). Dzięki możliwościom, jakie dają tworzywa już dziś wyraźnie widać, że udziały te będą malejące na rzecz rur strukturalnych z PE i PP. O takim trendzie decydują takie parametry jak możliwość stosowania mniejszych spadków, brak degradacji tworzyw przy układaniu w strefach przemarzania, możliwość grawitacyjnego obsłużenia większego obszaru przy tej samej rzędnej odbiornika i znaczące obniżenie kosztów robót ziemnych.
3. Zdaniem autorki żaden z systemów tradycyjnych nie ma jednocześnie tylu zalet, co systemy tworzywowe. Już na dziś systemy z tworzyw oferują szereg ułatwień i rozwiązanie szeregu niedogodności przy projektowaniu, wykonawstwie i eksploatacji systemów kanalizacyjnych. Jednocześnie w przetwórstwie tworzyw odnotowuje się olbrzymi postęp. To branża o bardzo dużej dynamice odnotowująca postęp w każdej dziedzinie przetwórstwa. Nowości dotyczą zarówno surowców, technologii produkcji, rozwiązań konstrukcyjnych rur i kształtek oraz technologii montażu. Wdrażane są wciąż nowe generacje materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych, usprawniane procesy technologiczne, następuje olbrzymi rozwój zarówno surowców (granulatów, dryblendów) jak i rozmaitych dodatków (stabilizatorów, barwników, antypirenowych zwanych też uniepalniaczami). Uzyskuje się w ten sposób materiały o specjalnych właściwościach np. odporne na propagację pęknięć, na zarysowania, na promieniowanie UV lub niepalne. Wdrożenia obejmują ponadto optymalizację procesów wytwarzania, w tym zagadnienia odzysku energii jak i zagadnienie recyklingu tworzyw. Rozwój rozwiązań ukierunkowany jest też m.in. na usprawnienia montażu (np. redukcję siły wcisku) lub udoskonalenie uszczelnień (np. uszczelki samosmarujące).

Pomimo, że wymagania grawitacyjnych systemów kanalizacyjnych są znane i spełnione w dużym stopniu obecnie proponowane rozwiązania prowadzą do wzrostu udziałów rynkowych poprzez oferowanie nowych rozwiązań i zwiększanie dostępnych średnic. Istniejąca na rynku oferta już dziś daje satysfakcjonujący i rozsądny wskaźnik jakości do ceny. Coraz więcej badań i faktów potwierdza, że trwałość systemów kanalizacyjnych z tworzyw już dorównuje tym, dotychczas uważanym za najlepsze (100 i więcej lat).

4. Dziesięciolecia wykorzystania tworzyw w systemach kanalizacyjnych wykazują, że pierwsze wdrożenia charakteryzują się trafionym doбором wszystkich parametrów technicznych

w stosunku do warunków występujących w praktyce. Obecnie dostępne technologie przetwórstwa tworzyw oraz najnowsze generacje surowców pozwalają na optymalizację zużycia surowców lub powiększenie obszarów zastosowań (np. wdrażanie rur strukturalnych w miejsce rur o litych, jednorodnych ściankach), zwiększanie zakresu możliwych zastosowań (np. zakres dostępnych średnic) oraz dostosowanie do zastosowań specjalnych (np. bardzo wysokich temperatur), niewystępujących standardowo przy odprowadzaniu ścieków. Budowa sieci kanalizacyjnych z elastycznych tworzyw sztucznych stwarza zupełnie nowe perspektywy i daje korzyści inwestorom, wykonawcom i eksploatacjom. Tworzywa nie powiedziały jeszcze ostatniego słowa - należą do najdynamiczniej rozwijającej się branży. Zgłaszanie nowych potrzeb lub zwiększanie wymagań ze strony rynku zawsze znajduje odpowiedź u producentów systemów z tworzyw (np. odwodnienia mostów). Przetwórstwo tworzyw jest w stanie w krótkim czasie sprostać wciąż nowym, rosnącym potrzebom rynkowym np. odbiorców reprezentujących przemysł, którego wymagania często są specyficzne – wykraczają poza typowe wymagania dla zewnętrznych systemów kanalizacji grawitacyjnej.

5. Obecnie rosnące znaczenie tworzyw w systemach kanalizacyjnych nie opiera się tylko o podstawowe właściwości materiałów i wynikające w nich cechy użytkowe. Coraz częściej świadomie korzysta się z zalet elastyczności. Dużego znaczenia dla inwestorów i eksploatacjom nabierają fakty, że systemy elastyczne:
 - dostosowują się do zmiennych warunków gruntowo-wodnych, co prowadzi do mniejszej liczby usterek i awarii w porównaniu do systemów sztywnych;
 - w mniejszym stopniu niż systemy sztywne oddziałują na środowisko – wykazują mniej pęknięć, zapadnięć, a ponadto w dużym zakresie przystosowują się do zmian warunków gruntowo-wodnych w czasie;
 - minimalizują skutki błędów wykonawczych lub nieprzewidywalnych zdarzeń naturalnych skutkujących zmianami warunków gruntowo-wodnych.

Przesłanki te stanowią podstawę do szacowania kosztów eksploatacji na znacznie niższym poziomie w stosunku do kosztów systemów kanalizacyjnych z materiałów sztywnych. Minimalizacja usterek i awarii, znaczące ograniczenie infiltracji i eksfiltracji powinna stanowić istotną przesłankę do zweryfikowania preferencji inwestorów i eksploatacjom, mających postać zaleceń i wytycznych do projektowania wydawanych przez Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji.

LITERATURA:

1. Alferink F., Guldbaek E. – Old gravity sewer pipes. Long term performance, Edynburg, 1995
2. Applied Market Information LLC The European Market for Gravity Pipe Systems (2007)
3. Błajet M. – Jakie materiały stosować w systemach kanalizacji grawitacyjnej – elastyczne czy sztywne? Forum Eksploatatora 11'2006
4. Błajet M. – Zalety sieci kanalizacji grawitacyjnej z tworzyw termoplastycznych w porównaniu z siecią z materiałów tradycyjnych (łącznie z aspektem kosztowym) I-sza Konferencja Techniczna PRiK Bielsko Biała 12'2007
5. Błajet M. – Właściwości rur kanalizacyjnych z PVC w porównaniu z właściwościami rur kamionkowych II Konferencja Techniczna PRiK, Słok k. Bełchatowa 12'08

6. Hruszka P., Falkowski P. – Odporność przewodów kanalizacyjnych z PVC-U na ścieranie, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowych i kanalizacyjnych”, Ustroń 02’02
7. KERAMO-STEINZEUG – Dłaczego kamionka – wyd. 01.2007
8. KERAMO-STEINZEUG – Poradnik fachowe uwagi dotyczące wykonawstwa robót – wyd. 01.2007
9. KERAMO-STEINZEUG – Installing Vitriified clay Static Calculation Examples – wyd. 01.2007
10. Kuliczkowski A. – Rury kanalizacyjne Tom II – Projektowanie konstrukcji – Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2004
11. Janson L.-E. – Rury z tworzyw sztucznych do zaopatrzenia w wodę i odprowadzenia ścieków – wyd. PRiK, Toruń 2010
12. Madryas C. i inni – Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych – Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej – Wrocław 2002
13. Majka B. – Warunki budowy sieci zewnętrznych w tworzyw sztucznych (PN-ENV 1046). III Konferencja Techniczna PRiK, Toruń 12’09
14. Stein D. i inni – European study of the performance of various pipe systems, respectively pipe materials for municipal sewage systems under special consideration of the ecological range of effects during the service life – Final Report Bohum 08’2005
15. TEPPFA 03’1999 – Design of Buried Thermoplastics Pipes – Results of a European research project
16. TEPPFA – Low environmental impact from plastic pipe – 10’2010
17. TEPPFA – Low environmental impact says European study – 10’2010
18. Wavin – The result of 30 years research into the life of pipe system – report on long-term experience with uPVC sewer pipes in practice – Wavin Marketing & Technology, 1996
19. Strony internetowe:
www.keramo-steinzeug.com; www.loganclaypipe.com; www.concreteproducts.com;
www.concrete-pipe.org; www.NCPI.org; www.icpipe.com

NORMY POWOŁANE

- | | |
|----------------------|--|
| PN-EN 295:1999 | Rury i kształtki kamionkowe i ich połączenia w sieci drenażowej i kanalizacyjnej |
| PN-EN 476:2001 | Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji grawitacyjnej |
| PN-EN 752: 2008 | Zewnętrzne systemy kanalizacyjne |
| PN-ENV1046: 2007 | Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych. Systemy poza konstrukcjami budynków do przesyłania wody i ścieków. Praktyka instalowania pod ziemią i nad ziemią |
| prCEN/TR 1295-3:2007 | Obliczenia statyczne rurociągów ułożonych w ziemi w różnych warunkach obciążenia - Część 3: Główne metody |
| PN-EN 1401-1: 2009 | Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych o podziemnego bezciśnieniowego odwadniania i kanalizacji. Nieplastyfikowany poli(chlorek winylu) (PVC-U). Część 1: Specyfikacje rur, kształtek i systemu |
| PN-EN 1852-1 : 2010 | Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do podziemnego odwadniania i kanalizacji. Polipropylen (PP). Część 1: Specyfikacje dotyczące rur, kształtek i systemu |

| | |
|--------------------|---|
| PN-EN 1610: 2002 | Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych |
| ISO/TR 10358: 1993 | Plastics pipes and fittings - Combined chemical-resistance classification table |
| PN-EN 13244: 2004 | Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do ciśnieniowych rurociągów do wody użytkowej i kanalizacji deszczowej oraz sanitarnej, układane pod ziemią i nad ziemią. Polietylen (PE) |
| PN-EN 13476:2007 | Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do bezciśnieniowej podziemnej kanalizacji deszczowej i sanitarnej - Systemy przewodów rurowych o ściankach strukturalnych z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) (PVC-U), polipropylenu (PP) i polietylenu (PE) |
| PKN CEN TS 15223 | Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych Potwierdzone parametry projektowe podziemnych systemów rurowych z tworzyw termoplastycznych (w tłumaczeniu) |