

WŁAŚCIWOŚCI RUR KANALIZACYJNYCH Z PVC W PORÓWNANIU Z WŁAŚCIWOŚCIAMI RUR KAMIONKOWYCH

Streszczenie

Praca jest kontynuacją opracowania „Zalety sieci kanalizacji grawitacyjnej z tworzyw termoplastycznych w porównaniu z siecią z materiałów tradycyjnych (łącznie z aspektem kosztowym)” publikowaną na I-szej konferencji PRiK, w której omówiono szereg istotnych różnic pomiędzy systemami tradycyjnymi-sztwnymi oraz tworzywowymi-elastycznymi. Celem niniejszego opracowania jest polemika z tezami producentów kamionki, głoszonymi a priori, że kamionka jest najlepszym materiałem do wykonania kanalizacji, jest materiałem XXI wieku, a stosowanie PVC-u to wybór wynikający tylko z przymusu ekonomicznego. Przez pryzmat obecnej sytuacji na rynku inwestycji infrastrukturalnych w Polsce omówiono wpływ walki konkurencyjnej na przebieg cyklu inwestycyjnego. Jako tło pokazano trendy w wykorzystaniu różnych materiałów do wykonania sieci kanalizacyjnych. Na podstawie zebranych materiałów wykazano, że kierunki w Polsce jak i większości krajów Europy są zbieżne – wykorzystanie tworzyw, w tym PVC-u, ma nieustannie rosnący udział. Artykuł przytacza argumenty, które pomogą również masowym użytkownikom rur PVC-u potwierdzić, że ich wybór jest słuszny, nie jest wyborem tylko z konieczności lub mniejszym złem. Jest wyborem na miarę XXI wieku, uwzględniającym postęp techniczny oraz aktualną wiedzę na temat zachowania rur pod wpływem obciążeń. Ponadto uwzględnia zasady doboru mające u podstaw koszty materiałowe, koszty eksploatacyjne oraz ekologiczne.

1. WPROWADZENIE

W Polsce do wykonania, wg pobieżnych szacunków, pozostaje ponad 100.000 km sieci kanalizacyjnej, w tym ponad 80% na terenach słabo zurbanizowanych, a 20% w terenach miejskich. Roczny przyrost nowej kanalizacji w Polsce to ok. 6 tys. km oraz 110-130 tys. przyłączy. Przy zasadzie rozdziału ścieków bytowych od ścieków deszczowych obserwuje się, że największy udział ilościowy mają najmniejsze średnice. Zbieranie ścieków z całych aglomeracji powoduje, że średnice dochodzą do 400-600 mm. W tym zakresie średnic do wykonania kanalizacji wykorzystywane są rury z PVC-u (głównie w dwóch rozwiązaniach – ze ścianką litą i ze ścianką z rdzeniem spienionym) oraz kamionka. Przy czym wiodący udział tego pierwszego materiału jest niekwestionowany. W tym zakresie średnic coraz częściej pojawiają się też nowe rozwiązania z tworzyw – rury z PP ze ścianką litą oraz rury dwuścienne (z PP lub PE). Z kamionki wykonuje się zaledwie kilkaset km sieci kanalizacyjnej w roku.

Wiele inwestycji finansowanych jest ze środków pomocowych Unii Europejskiej. Tempo absorpcji tych środków nie jest zadowalające głównie z powodów złego przygotowania inwestycji oraz wniosków o dofinansowanie. Nie pomaga w tym brak obiektywnych danych i wskaźników ekonomicznych umożliwiających szybkie opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych zawierających analizę wariantów systemów kanalizacyjnych. Wg Rozporządzenia opracowanie takie prócz determinantów techniczno-technologicznych oraz ekonomicznych powinno porównywać również koszty eksploatacyjne dla okresu minimum 10 lat.

2. SYTUACJA RYNKOWA

Rynek polski, to około 20 producentów systemów kanalizacyjnych z PVC-u, w tym kilku o wieloletnim doświadczeniu oferujących cały zakres średnic i klas sztywności obwodowej w średnicach od 160 do 500 mm oraz dwóch odmianach konstrukcji ścianki. Od kilku lat rośnie oferta rur o ścianie strukturalnej (głównie dwuściennych), których zakres średnic jest większy (nawet do 1000 mm).

Z uwagi na cenę z coraz większym sukcesem konkurują one z systemami tradycyjnymi betonowymi, żelbetowymi i z kamionki głównie w zakresie większych średnic. W tym segmencie rynku o cenie wyrobów decydują prawa rynkowe.

Rury kamionkowe dostarczane są na rynek polski głównie z eksportu (1 producent krajowy i 4 przedstawicieli producentów zagranicznych). Większość oferuje rury w średnicach od 150 do 300 mm i tylko dwóch producentów zagranicznych oferuje rury o średnicy większej niż 300 mm. Rury kamionkowe występują w wersji glazurowanej oraz nieglazurowanej, łączone kielichowo (z dwoma systemami uszczelnień) lub na opaski z tworzyw sztucznych. Pod względem wytrzymałości oferowane są rury w wersji standardowej oraz o podwyższonej klasie wytrzymałości. Konkurencja ma w tym segmencie rynku ograniczony wpływ na ceny.

3. DYNAMIKA WARUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH PRZY PROWADZENIU ROBÓT KANALIZACYJNYCH

Szczegółowe opisanie zjawisk zmiany stosunków gruntowo-wodnych może być postrzegane jako zbędne w analizie porównawczej systemów kanalizacyjnych. Jednak odmienne zachowania obu systemów w gruncie prowadzące do istotnych różnic dla wykonawstwa i eksploatacji są ważne przy ocenie ich zalet i wad.

Nowoczesny system kanalizacyjny musi spełniać wymagania wynikające z potrzeby zapewnienia bezproblemowego transportu ścieków i z potrzeb eksploatacji – zapewnienie spadku, prostoliniowości, stabilności przekroju oraz szczelności. Niezależnie od rodzaju systemu kanalizacyjnego na spełnienie tych wymagań mają wpływ warunki gruntowo-wodne, w tym m.in. głębokość posadowienia, stan wód gruntowych i rodzaj podłoża. Przy czym nie ma dwóch identycznych zespołów uwarunkowań. Nawet przy jednej inwestycji można mieć do czynienia z podłożami stabilnymi i niestabilnymi, gruntami nawodnionymi, bez wody gruntowej, ze zmiennym zwierciadłem wody gruntowej, a nawet podziemnymi wodami płynącymi. Jako grunt rodzimy można spotkać grunty samozagęszczające się, podatne na zagęszczenie lub wręcz odwrotnie – grunty trudno- lub niezagęszczalne (np. torfy, gliny). Dodatkowo w naszym klimacie mamy do czynienia z sezonową zmiennością warunków gruntowo-wodnych, z których największe znaczenie mają opady oraz zamarzanie / odmarzanie. Skala zmian w największym stopniu zależy od zawartości wody w gruncie przed procesami zamarzania oraz głębokości przemarzania.. Konieczne roboty ziemne naruszają strukturę gruntu. Z kolei wprowadzeniu nowego gruntu, zwykle niespoistego (łatwo zagęszczanego), może towarzyszyć zmiana stosunków gruntowo-wodnych. Piaszczysta warstwa obsypki rurociągu może stać się ciągiem drenującym, którym płyną wody podskórne i gruntowe. Następuje zmiana poziomu wód oraz wymywanie drobnych frakcji gruntowych. W dłuższym okresie czasu powoduje to zmianę warunków posadowienia rurociągu oraz przyległych budowli.

Z powyższego opisu wynika, że stosunki gruntowo-wodne niezależnie od warunków wykonania cechuje dynamika, która jest wynikiem nieuchronnego działania czynników trudnych do przewidzenia co do skali i czasu oddziaływania. Dodatkowo, jeśli pojawiają się nieszczelności rurociągu, a woda i drobne frakcje przedostać się mogą do jego wnętrza (infiltracja) lub ścieki wypływają na zewnątrz (eksfiltracja) dynamika zmian posadowienia nabiera tempa, a niekorzystne zjawiska pogłębiają się.

Warto przy tym zwrócić uwagę [8], że eksfiltracja to nie tylko zanieczyszczenie gruntu i wód gruntowych poprzez ścieki. Wyciekom z systemu kanalizacyjnego towarzyszyć mogą wymycie gruntu, zmiany posadowienia samego przewodu, a w konsekwencji zmiany warunków hydraulicznych w systemie kanalizacyjnym (zastoiska, zatory) oraz dalsze rozszczelnienia, pęknięcia. Niekorzystny jest zwykle również wpływ na posadowienie sąsiednich budowli.

Z kolei infiltracja [8]. to nie tylko zwiększenie dopływu do kanalizacji wód gruntowych, podskórnych, czy opadowych z gruntu. Przepływom wody towarzyszy również migracja cząstek gruntowych, która z kolei wpływa na zmianę posadowienia systemu kanalizacyjnego i sąsiadujących obiektów, a jednocześnie powoduje wewnątrz systemu kanalizacyjnego złoże stanowiące utrudnienia przepływu, a dalej konsekwencje w postaci zwiększenie obciążenia piaskowników, osadników i poletek osadowych.

W przypadku obu zjawisk pojawiają się zatem zarówno usterki i awarie, jak również zwiększone koszty eksploatacji systemu kanalizacyjnego i oczyszczalni.

4. SKUTKI ZMIAN STOSUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH DLA SYSTEMÓW KANALIZACYJNYCH

Opisane powyżej zmiany stosunków gruntowo-wodnych obok błędów wykonawczych, projektowych lub wynikających z niewystarczającego rozpoznania stosunków gruntowo-wodnych w istotny sposób wpływają na ułożony w gruncie system kanalizacyjny i powodują pojawienie się naprężeń, które w większym lub mniejszym stopniu przyczyniają się do powstawania awarii i uszkodzeń. Najczęściej są nimi:

- rozszczelnienie połączeń przewodów kanalizacyjnych wykonanych z materiałów sztywnych,
- utrata stabilności (zapadnięcie, pęknięcie) przewodów sztywnych,
- infiltracja wody i migracje piasku do wnętrza rozszczelnionych połączeń rur sztywnych lub pierścieni studzienek betonowych,
- eksfiltracja ścieków do gruntu i wód gruntowych,
- przy przewodach elastycznych zwiększenie ugięcia rur i połączeń, którym towarzyszyć może powstanie zastoin,
- zniszczenia nawierzchni (pęknięcia, załamania) przy zwieńczeniach studzienek kanalizacyjnych.

Niektóre uszkodzenia, jak np. zniszczenia nawierzchni, są widoczne bez użycia sprzętu. Inne są identyfikowalne podczas inspekcji telewizyjnej lub prób odbiorowych.

5. ELASTYCZNY I SZTYWNE REAKCJE NA DYNAMICZNE ZACHOWANIA GRUNTU

Znaczenie czynników istotnych dla trwałości i szczelności systemu kanalizacyjnego przewartościowane zostało w wyniku programu badawczego przeprowadzonego z inicjatywy Niemieckiego Ministerstwa Edukacji i Badań, zakończonego raportem w 2005 r. [7,3]. W ramach tego programu analizie poddane zostały inspekcje telewizyjne czynnych sieci ułożonych w gruncie. Wyniki badań uzyskano z trzech krajów o różnym standardzie wyposażenia w sieci kanalizacyjne oraz strukturze wiekowej sieci.

Za podstawowe kryterium wskazano występowanie awarii oraz związane z tym oddziaływanie systemu kanalizacyjnego na środowisko wyrażające się występowaniem eksfiltracji lub infiltracji. Badania zagrożenia dla środowiska rozważano w obszarach zdefiniowanych w zależności od warunków hydrogeologicznych, w tym poziomu wody gruntowej i rodzaju gruntu, a także od gęstości zabudowy i zaludnienia oraz rodzaju systemu kanalizacyjnego. Analiza numeryczna inspekcji telewizyjnych sieci ułożonych w gruncie, w tym systemów z elastycznych rur z tworzyw

termoplastycznych (PVC-u, PE i PP) oraz systemów z tradycyjnych rur sztywnych (betonowych i kamionkowych) pozwoliła na podsumowanie obserwacji w odniesieniu do obu kategorii systemów kanalizacyjnych w oparciu m.in. o następujące wskaźniki:

- wskaźnik udziału uszkodzonych odcinków (pomiędzy studzienkami) w całości sieci wyliczany jako

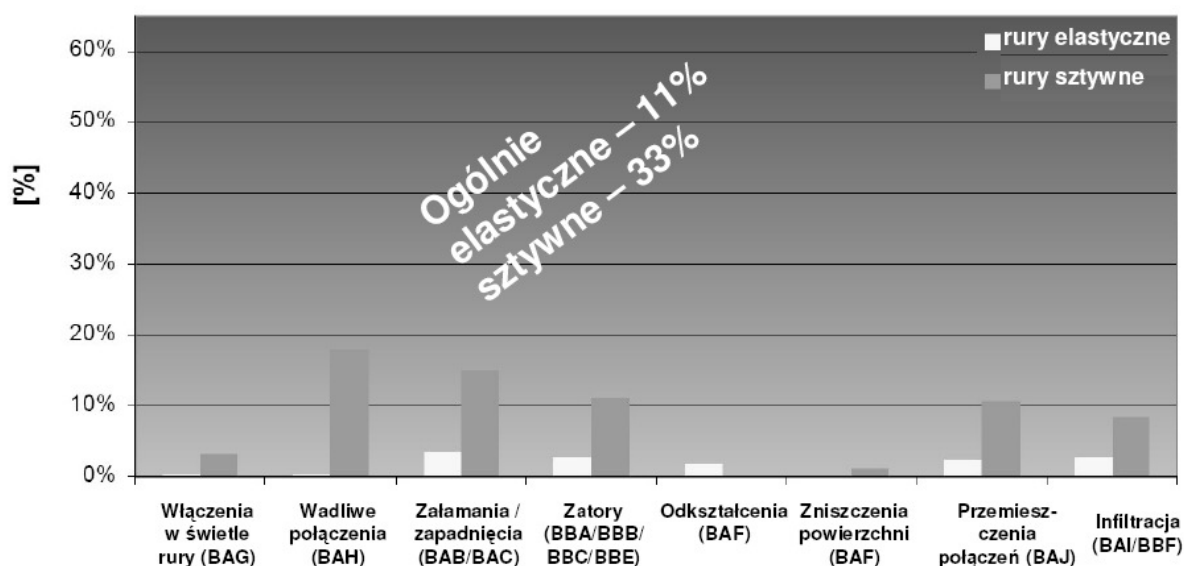
$$\frac{\sum \text{ilość odcinków sieci z usterkami} [\%]}{\sum \text{ogólna ilość odcinków badanych sieci}}$$

- wskaźnik ilości usterek na kilometr sieci wyliczany jako

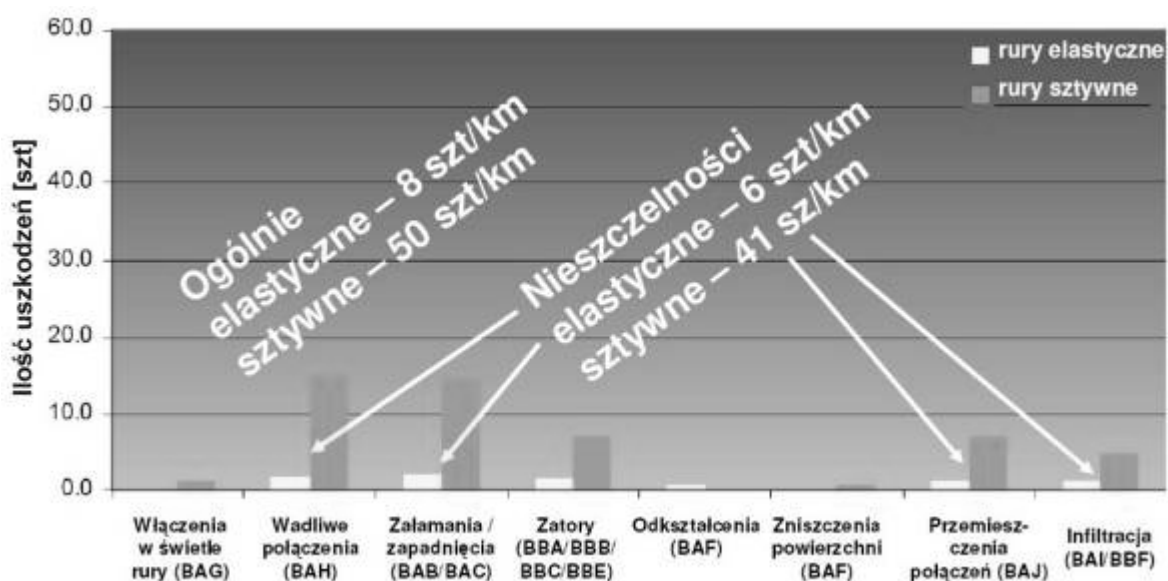
$$\frac{\sum \text{ilość uszkodzeń wszelkiego typu} [\text{szt/km}]}{\sum \text{ogólna długość sieci}}$$

$$\sum \text{ogólna długość sieci}$$

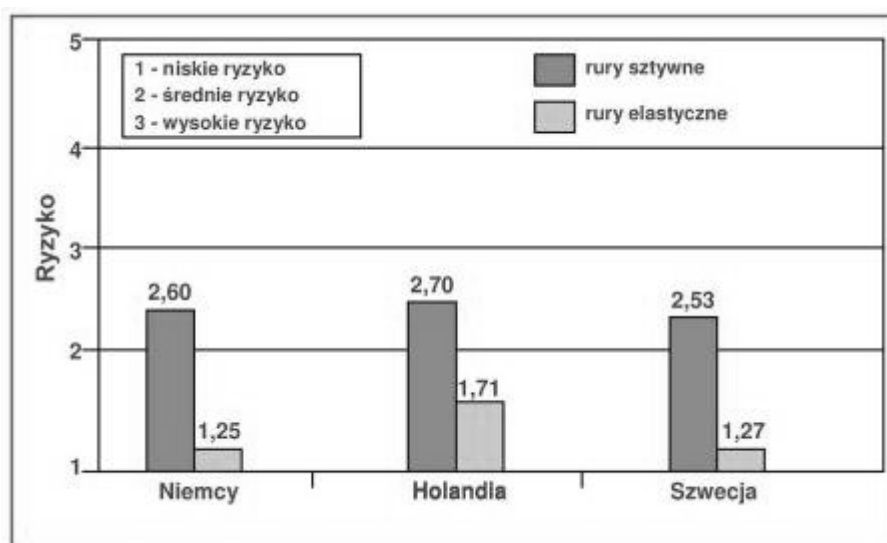
Wyniki badań przedstawiono w formie czytelnych wykresów.



Rys. 1 Wskaźnik udziału uszkodzonych odcinków (pomiędzy studzienkami) w całości sieci



Rys. 2 Wskaźnik ilości uszkodzeń na kilometr sieci



Rys.3. Ryzyko powstawania uszkodzeń rur sztywnych i tworzywowych w różnych krajach Europy

Zaobserwowano, że w praktyce istnieje więcej okoliczności mogących spowodować nieszczelność przewodów sztywnych niż przewodów elastycznych. Wśród tych okoliczności wiodąca jest opisana powyżej szczegółowo dynamika stosunków gruntowo-wodnych rozumiana jako ciąg przyczynowo-skutkowy o szeregu poważnych konsekwencji

W wyniku badań odnotowano ponadto następujące obserwacje:

- rury sztywne są bardziej wrażliwe na zmiany warunków gruntowych, a przekroczenie obciążenia w ich przypadku częściej prowadzi do pęknięć, zapadnięć oraz nieszczelności,
- rury elastyczne są mniej zagrożone utratą stateczności i szczelności pod wpływem obciążeń, i potwierdzono, że kształtki i połączenia elementów systemu kanalizacyjnego z tworzyw termoplastycznych mają mniejsze tolerancje wymiarów, co zapewnia im bardziej szczelne połączenia.

W oparciu o skalę stwierdzonych uszkodzeń, analizę mechanizmów ich powstawania, a także ocenę ryzyka wpływu systemów kanalizacyjnych na środowisko w opracowaniu sformułowano zalecenia prowadzące do ich zminimalizowania:

- stosowanie rur z tworzyw termoplastycznych znacznie zmniejsza ryzyko niekorzystnego wpływu systemu na środowisko,
- **kierując się trwałością, wytrzymałością, kosztami eksploatacji oraz zasadami zrównoważonego rozwoju przy wyborze materiałów do wykonania sieci kanalizacyjnych powinno się wybierać materiały elastyczne, które są dużo lepsze od materiałów tradycyjnych – sztywnych,**
- obowiązkowe inspekcje telewizyjne przy montażu sieci kanalizacyjnych oraz okresowo podczas eksploatacji są skutecznym standardem prowadzącym do poprawy jakości wykonawstwa oraz zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko.

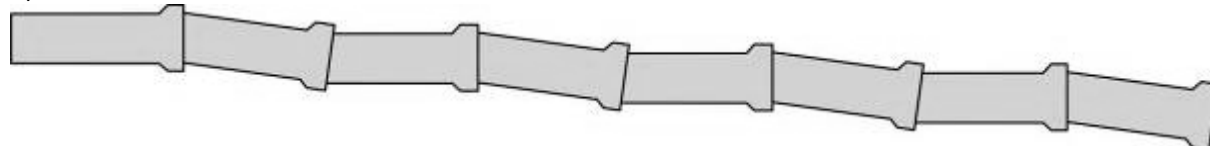
Stwierdzono, że stosowanie systemów elastycznych wpływa na poprawę trwałości, wytrzymałości przewodów, szczelności systemów kanalizacyjnych, zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych oraz zmniejsza negatywne oddziaływanie systemów kanalizacyjnych na środowisko.

Systemy kamionkowe są systemami sztywnymi nawet jeśli próbuje się je wyposażyć w elastyczne połączenia. Lokalne uelastycznienie systemu kanalizacyjnego tylko w niewielkim stopniu pozwala dostosować się do zmian gruntów powodując załamania w świetle przewodu, zaleganie osadu i zmianę przepływów hydraulicznych. Często system kamionkowy traci szczelność, co prowadzi do eskalacji w czasie negatywnych zjawisk. Systemy tworzywowe dostosowują się do tych warunków w znacznie większym zakresie nie tracąc stateczności oraz zachowując szczelność. Również pogorszenie warunków hydraulicznych ma dużo mniejszy zakres niż w systemach sztywnych, z krótkich odcinków rur.

a)



b)

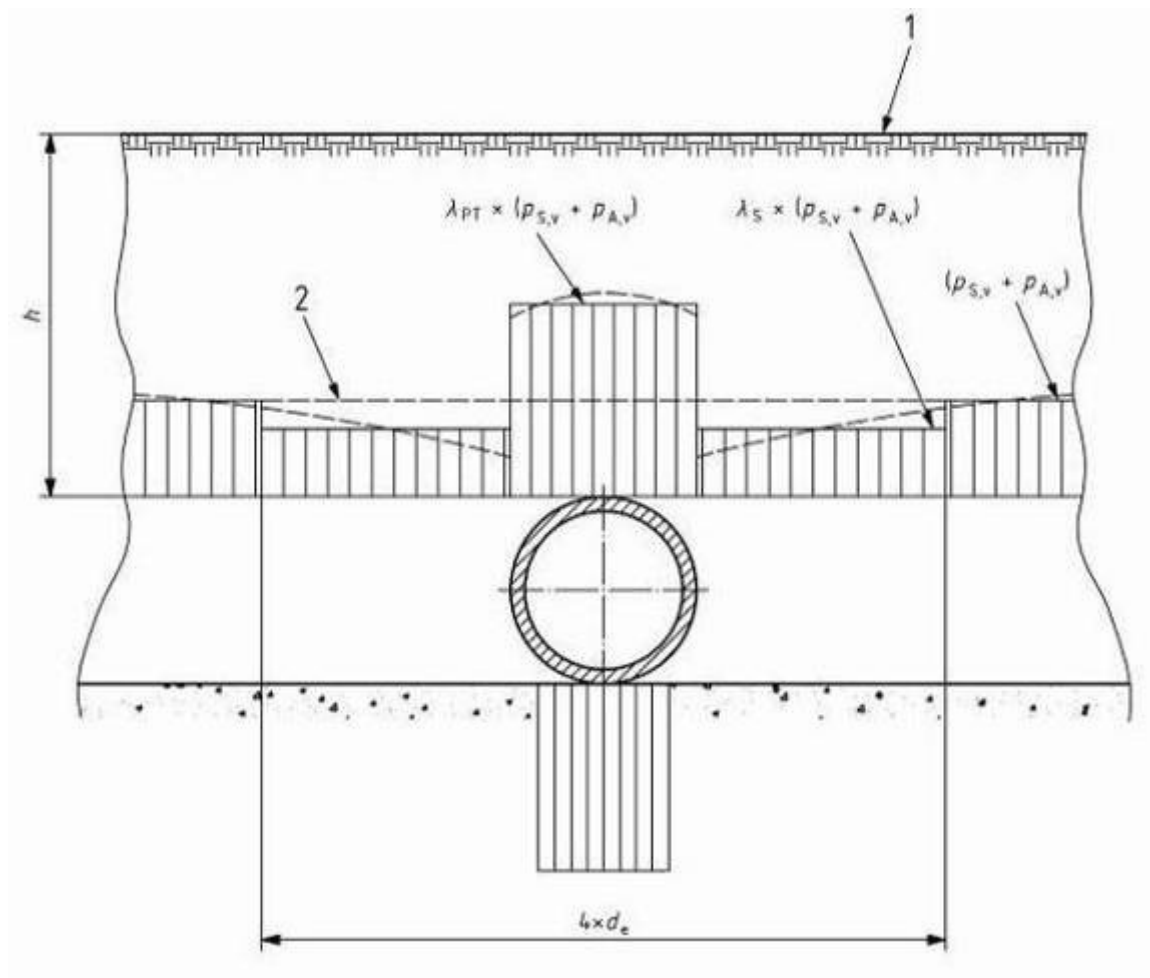


Rys. 4 Dostosowanie do zmian gruntu systemu z rur elastycznych (a) oraz systemu rur sztywnych (b)

Zbieżne doświadczenia dotyczące potrzeby elastycznego zachowania elementów systemów kanalizacyjnych reprezentowane są w Polsce przez inwestorów i eksploataatorów z terenów objętych oddziaływaniem eksploatacji górniczej. Trudne warunki jednoznacznie weryfikują znaczenie elastyczności w systemach kanalizacyjnych jako pierwszoplanowej, niezbędnej właściwości systemu kanalizacyjnego.

6. SYSTEMY ELASTYCZNE I SZTYWNE - RÓŻNICA W PRZENOSZENIU OBCIĄŻEŃ

Istotną różnicą pomiędzy systemami elastycznymi i sztywnymi jest również kwestia wytrzymałości i przenoszenia obciążeń [5]. Rury tworzywowe nie przenoszą obciążeń same lecz współpracują z gruntem, podczas gdy rury sztywne muszą mieć wysoką wytrzymałość odpowiadającą z nadmiarem spodziewanym obciążeniom statycznym i dynamicznym. Niezależnie od tego, że wypełnieniu wykopu oraz posadowieniu rur sztywnych stawia się bardzo wysokie wymagania, to udział gruntu w przenoszeniu obciążeń przez te rury jest znikomy. Dla rur sztywnych ułożonych w gruncie rozkład obciążeń charakteryzuje się dużymi koncentracjami w górnej i dolnej strefie rury, szczególnie, gdy grunt został słabo zagęszczony w strefach bocznych rury. Jest to bardzo niekorzystne, ponieważ momenty zginające w najbardziej wyężonych przekrojach mogą przyjąć wartości ekstremalne, które prowadzą do zniszczenia rur.

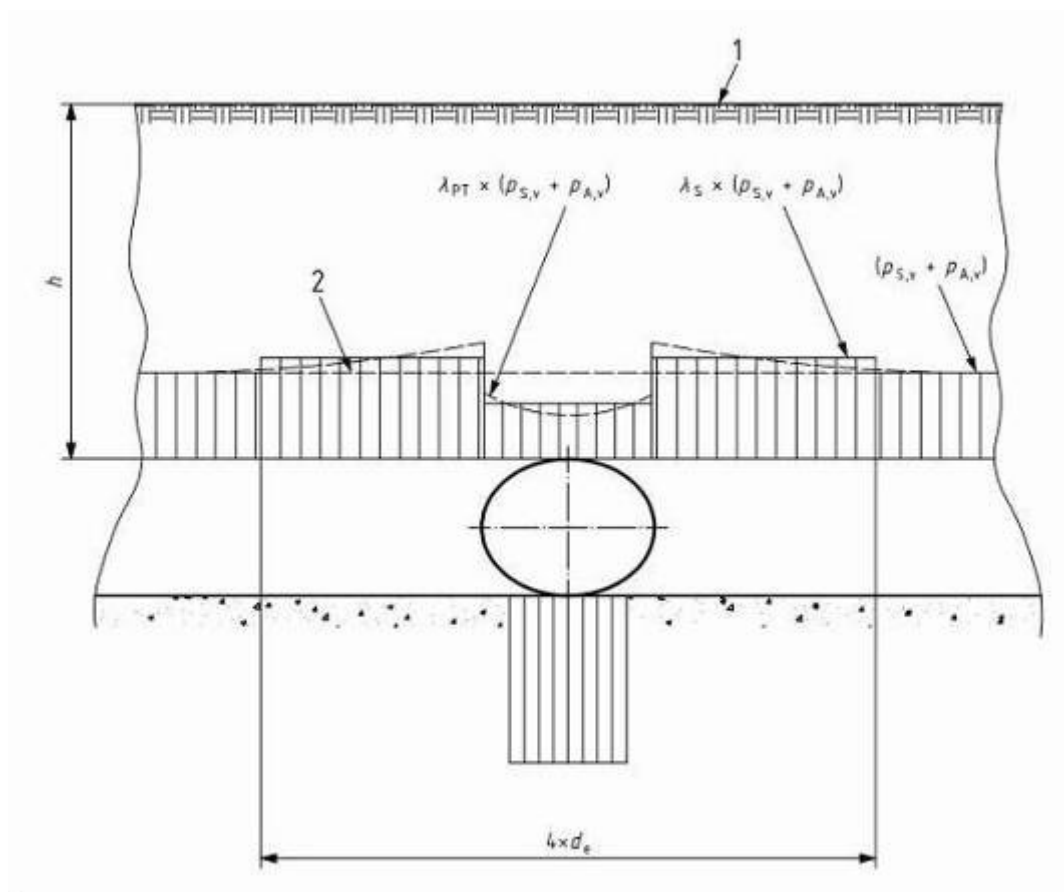


Oznaczenia

1 poziom gruntu

2 początkowe pionowe obciążenie gruntu

Rys. 5 Rozkład obciążeń działających na przewód sztywny oraz grunt (CEN/TR 1295-3)



Oznaczenia

1 poziom gruntu

2 początkowe pionowe obciążenie gruntu

Rys. 6 Rozkład obciążeń działających na przewód elastyczny oraz grunt (CEN/TR 1295-3)

Przy zastosowaniu tworzyw sztucznych w kanalizacji występuje zmniejszenie obciążenia nad rurą i zwiększenie nacisków na grunt po jej obu stronach. 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.

7. WARUNKI MONTAŻU

Jako przewagę przy porównywaniu obu systemów wskazać można również zalecane warunki montażu oraz koszty organizacji robót.

Systemy kamionkowe wymagają zdecydowanie wyższych standardów jeśli chodzi o zapewnienie warunków posadowienia, podparcia rurociągów jak również rodzaj gruntów i zagęszczenie obsypki i zasyпки.

Warunki montażu, dopuszczalne grunty obsypki dla systemów tworzywowych wskazuje norma PN-ENV 1046. W przypadku rur tworzywowych dopuszczalne grunty podłoża to grunty klas od 1-4. Rury

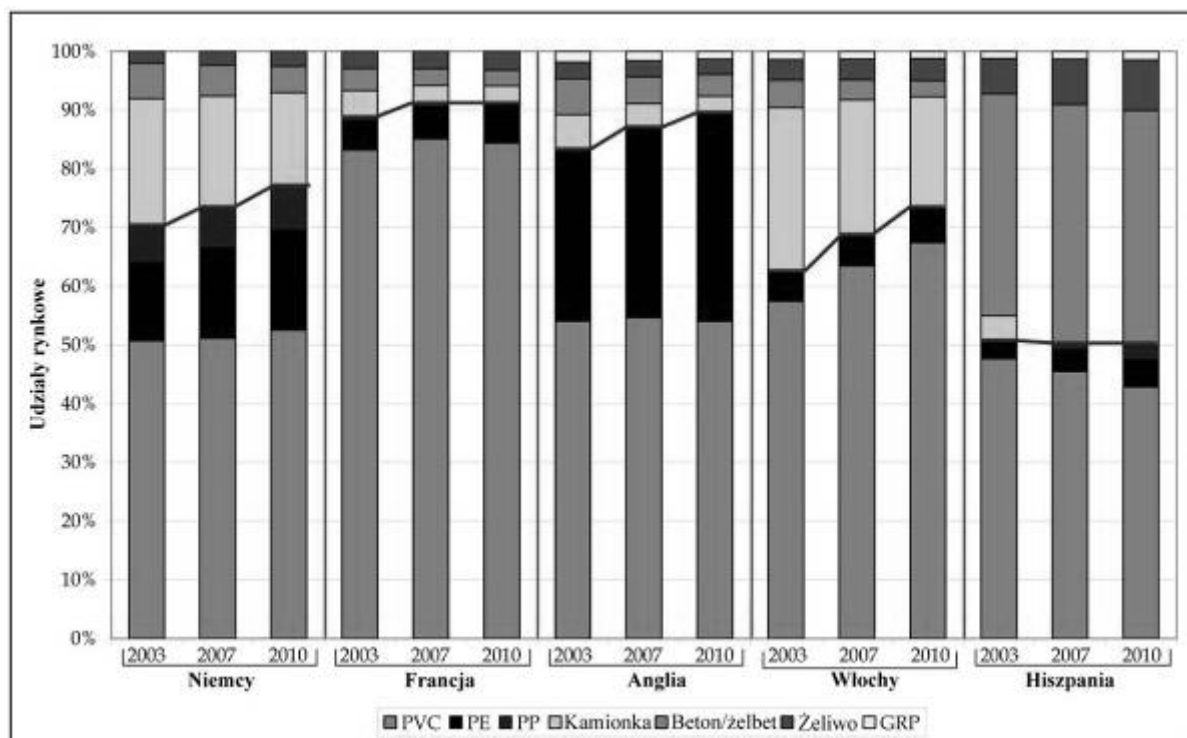
kamionkowe wymagają gruntów klas 1-2. W przypadku rur kamionkowych wymagane są grubsze warstwy podsypki piaskowej lub żwirowej. Często wymagane jest podparcie w postaci betonowych płyt fundamentowych - tzw. „łoża” lub też wzmocnienie podłoża gruntowego poprzez zastosowanie geowłókniny. Rury tworzywowe wymagają mniejszych warstw podsypki i obsypki, dopuszczają niższe stopnie zagęszczenia. Ponadto w przypadku stosowania rurociągów z PVC-u wymagane są mniejsze szerokości wykopu w porównaniu z rurami kamionkowymi, a jako materiał zasypki dopuszczalne są grunty rodzime z wykopu.

Kolejne oszczędności przy realizacji rurociągów z PVC-u wynikają z organizacji budowy. Z uwagi na krótszy czas montażu rurociągów tworzywowych znacząco krótsze są też czasy odwadniania wykopów w razie występowania wody gruntowej, czasy zajęcia pasa drogowego i związane z tym opłaty, które ponosi wykonawca i które wlicza w koszt inwestycji.

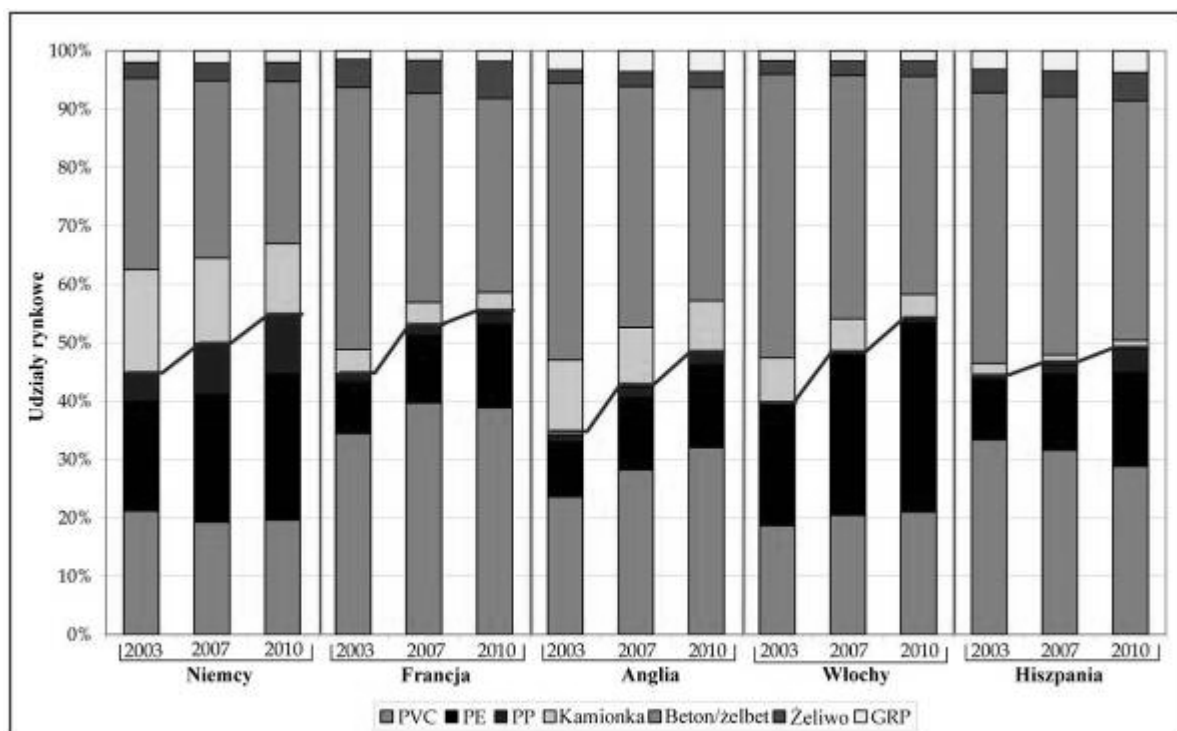
Bardzo często wybór kanalizacji z rur PVC-u zamiast rur kamionkowych generuje dodatkowe oszczędności w realizacji robót ziemnych oraz po stronie kosztów organizacji budowy.

8. UDZIAŁ RUR TWORZYWOWYCH W KANALIZACJACH EUROPEJSKICH

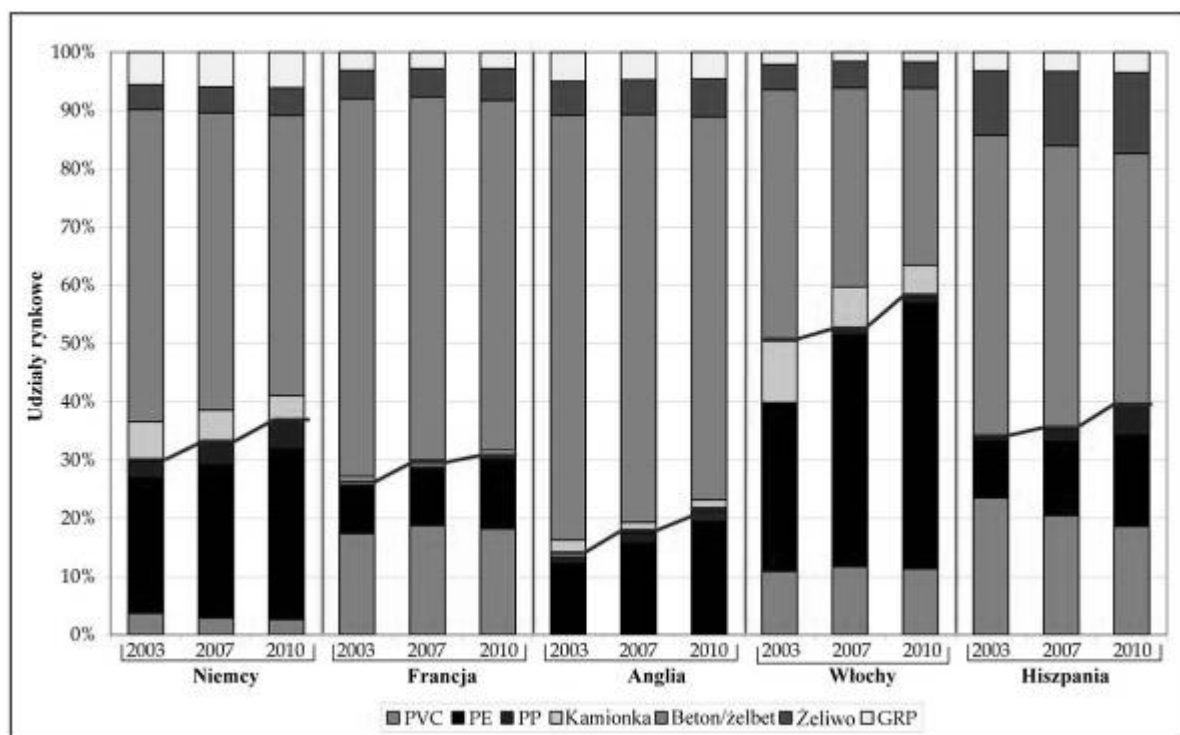
W 5 największych krajach w nasyceniu systemami kanalizacyjnymi, w zakresie średnic do 600 mm systemy tworzywowe mają znaczącą pozycję [1]. We wszystkich krajach, wszystkich przedziałach średnic tworzywa stale zwiększają udziały kosztem materiałów sztywnych (poza kamionką również w stosunku do betonu). O ile udziały rynkowe PVC-u jako materiału o uznanej pozycji rosną nieco powyżej rynku, to dynamikę przyrostu odnotowują rury z PP i PE, które oferują nowatorskie rozwiązanie konstrukcyjne – ściankę strukturalną i dzięki temu są coraz bardziej konkurencyjne i powszechnie stosowane w zakresie dużych średnic



Rys. 7 Zmiany udziałów rynkowych materiałów w zakresie średnic 180-299 mm [1]

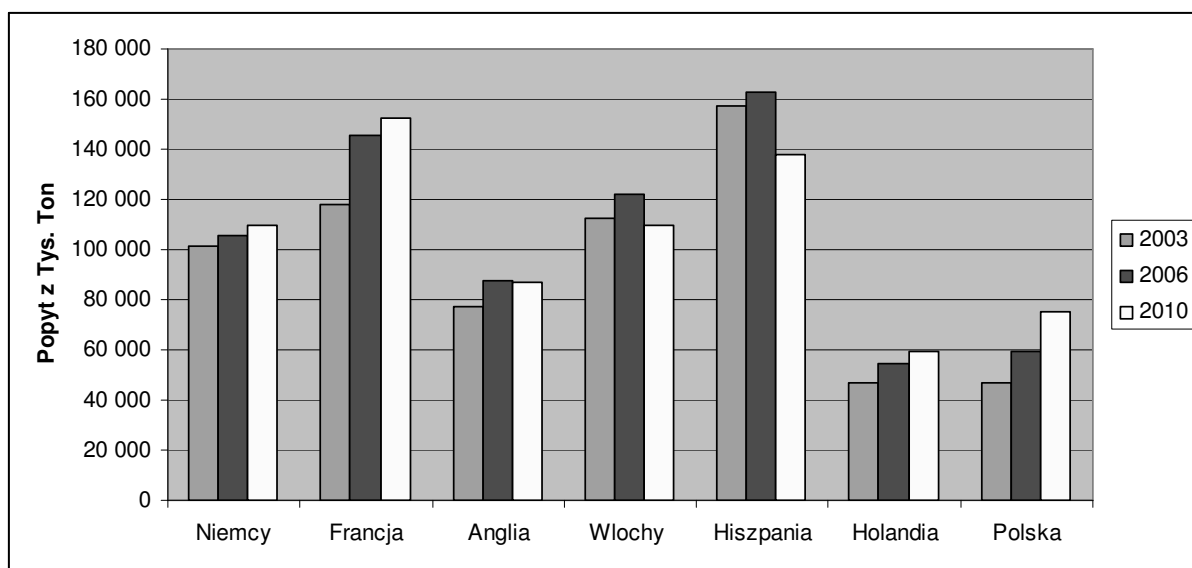


Rys. 8 Zmiany udziałów rynkowych materiałów w zakresie średnic 300-499 mm [1]



Rys. 9 Zmiany udziałów rynkowych materiałów w zakresie średnic 500-699 mm [1]

Na uwagę zasługuje aktualny i przewidywany popyt na PVC-u w Polsce na tle innych krajów. Pomimo odczuwalnej dużej dynamiki w rozbudowie sieci kanalizacyjnych na tle dużych krajów popyt w Polsce nie dorównuje czołowym krajom europejskim.



Rys. 10 Aktualny i przewidywany popyt na PVC-u do wykonania rur kanalizacji grawitacyjnej w Polsce na tle największych krajów europejskich [1].

9. DETERMINANTY MOŻLIWOŚCI UZYSKANIA ŚRODKÓW POMOCOWYCH

Najważniejszym kryterium inwestycyjnym jest koszt inwestycji. Kosztorysy inwestorskie wykazują, że systemy z tworzyw termoplastycznych są najkorzystniejsze, gdy w grę wchodzi koszt materiału i wykonania.

Jednak na etapie projektowania w kosztorysach, używane są często tzw. ceny cennikowe materiałów tworzywowych, które z uwagi na wielopoziomowy charakter systemu ich sprzedaży daleko różnią się od cen inwestycyjnych. Różnice dochodzą do kilkudziesięciu procent, gdyż systemy tworzywowe stosowane są nie tylko w komplecie, który stanowi całą inwestycję, ale występują powszechnie w 4–ech poziomach sprzedaży (producent, duże hurtownie, drobne hurtownie, handel detaliczny). W przypadku systemów kamionkowych z uwagi na brak możliwości stosowania ich przez nieprofesjonalistów, a więc odbiorców detalicznych, stosowany jest maksymalnie 2-wu poziomowy system sprzedaży (producent, hurtownik - przedstawiciel producenta). Producenci kamionki, nie publikują cenników, lecz udzielają informacji cenowej dla danej inwestycji. Do przeszacowanego określenia nakładów dochodzi również z powodu zdezaktualizowania norm w tzw. KNR-ach, tj. Katalogach Nakładów Rzeczowych. Porównania montażu rur kamionkowych i PVC-u w wykopie które powinny wykazywać korzystne dla PVC-u różnice w nakładzie czasu oraz pracy sprzętu dają wypaczony obraz - (np. zawyżają czasy montażu rur 6-ciometrowych w stosunku do rur w odcinkach krótszych). Mylący obraz kosztów powstaje również, gdy nie uwzględnia się odmiennych wymagań odnośnie robót ziemnych.

Kosztorysy na etapie projektowania uwzględniające ceny cennikowe, a nie inwestycyjne a także zawierające opisane powyżej błędy mogą prowadzić do fałszywych wniosków, że koszty inwestycji z zastosowaniem systemów kamionkowych są tańsze od inwestycji z zastosowaniem systemów z tworzyw sztucznych, w tym z PVC-u.

Właściwym sposobem szacowania kosztu inwestycji jest sporządzanie kosztorysów w oparciu o ceny inwestycyjne (średnie) zamieszczane w cyklicznie publikowanych informatorach wyspecjalizowanych firm. Poniżej zamieszczono wykaz cen rur sporządzony w oparciu o jeden z takich informatorów.

Tab. 1 Porównanie cen rur z PVC-u i kamionkowych [6]

Ø (DN)	Materiał	Cena [PLN]	Zmiany [%]	
		średnia bez Kz	II 08 / I 08	II 08 / II 07
200	Rury PVC kanalizacji zewnętrznej, kielichowe 200 mm kl. S	66,26	-0,7	5,9
	Rury kamionkowe kanalizacyjne kielichowe do połączeń na uszczelki KERAMO sys. C/H 200 mm	83,60		13,1
300	Rury PVC kanalizacji zewnętrznej, kielichowe 315 mm kl. S	165,24	-0,1	0,7
	Rury kamionkowe kanalizacyjne kielichowe do połączeń na uszczelki KERAMO sys. C/H 300 mm	236,90		13,0
400	Rury PVC kanalizacji zewnętrznej, kielichowe 400 mm kl. S	267,87	0,3	0,8
	Rury kamionkowe kanalizacyjne kielichowe do połączeń na uszczelki KERAMO sys. C/H 400 mm	452,70		13,0

Dopiero etap przetargu weryfikuje koszt inwestycji. Okazuje się nieraz, że cena przetargowa, uwzględniająca rzeczywiste inwestycyjne ceny PVC-u, a także czynniki cenotwórcze ukształtowane przez czynnik rynkowy bywa 25-45% procent niższa niż cena z kosztorysu projektowego. Kosztorysy przetargowe i projektowe dla systemów kamionkowych nie są obciążone takimi różnicami, gdyż za każdym razem uwzględniają zbliżony poziom cen.

Niestety rozstrzygnięcia sporu o cenę nie ułatwiają wskaźniki inwestycyjne publikowane np. przez specjalistyczną firmę BISTYP CONSULTING. Zestawione tam ceny metra systemu kamionkowego oraz tworzywowego od lat powielają te same błędy, używają nieporównywalnych warunków wykonania robót i dlatego nie mogą uchodzić za informację obiektywną.

Tab. 2 Porównanie kosztów wykonania systemów kanalizacyjnych z rur kamionkowych oraz z rur PVC [2]

średnica	z rur kamionkowych	z rur PVC-u kl. S (SN8) z rdzeniem spienionym	Porównanie [2]/[1]	z rur PVC-u kl. S (SN8) ze ścianką litą	Porównanie [3]/[1]
	[1]	[2]		[3]	
0,20	420,29	603,77	144%	1050,73	250%
0,25	475,34	627,98	132%	1105,61	233%
0,30	528,05	708,38	134%	1175,44	223%
0,40	715,87	861,42	120%	1453,56	203%
0,50	936,82	1084,62	116%	1649,28	176%

Powyższe przykładowe zestawienie wskaźników cen montażu sieci kanalizacyjnych w wykopach szerokoprzestrzennych nieumocnionych o głębokości 3m wykazuje niższe ceny sieci kanalizacyjnych z rur kamionkowych w porównaniu z sieciami z rur PVC-u. Dysproporcje wynikają z uwzględnienia w kalkulacjach cen cennikowych zamiast rynkowych (inwestycyjnych) oraz zastosowania dla rur PVC-u wywozu gruntu z wykopu na czasowy odkład na odległość do 1 km i zasypywanie ziemią przywożoną z tego odległego odkładu. Przy rurach kamionkowych kalkulacje uwzględniają wykonanie wykopu na odkład i wywóz tylko nadmiaru gruntu na odległość 1 km. Kalkulacje dla rur kamionkowych pomijają niezbędne w wielu przypadkach wzmocnienia podłoża np. wykonanie ław fundamentowych. Ponadto

przy kalkulowaniu wielkości robót ziemnych nie są uwzględniane średnice zewnętrzne rur tradycyjnych – szerokości są takie same dla rur kamionkowych jak i PVC-u.

Dużym błędem jest również pomijanie różnic w wymaganiach odnośnie robót ziemnych. W kalkulacjach wszędzie uwzględniono 20 cm podsypki zagęszczanej ręcznie oraz 30 cm piasku nad rurę jako zasypki przewodu. Zastosowanie rur PVC-u nie wymaga tak dużych grubości warstw podsypki i zasypki oraz nie wymaga zagęszczenia podsypki, a jedynie jej wyrównania.

Rzetelne podejście do tematu polegałoby na zebraniu z rynku cen przetargowych w konfrontacji z kosztorysami projektowymi i inwestorskimi. Taka praktyka wypracowania wskaźników ma miejsce w innych krajach Unii Europejskiej. W takiej sytuacji brak jest możliwości dopracowania się właściwych wskaźników do szacowania kosztów inwestycji.

Brak właściwych wskaźników wykonania robót w oparciu o odmienne materiały prowadzi niepotrzebnie do sytuacji, w której w oparciu o zawyżone kosztorysy inwestycji z zastosowaniem tworzyw sztucznych podejmowana jest decyzja o wyborze systemu kanalizacyjnego z kamionki. Inwestorom posiadającym już doświadczenie z innych inwestycji lub uzyskujący wskaźniki inwestycyjne z rynku udaje się ominąć ten błąd.

Do ujawnienia prawdziwych relacji cen inwestycyjnych dochodzi również, gdy przetarg realizowany jest w systemie tzw. żółtego FIDICA, tj. wtedy gdy wykonawca realizuje inwestycję włączając w nią również projektowanie. Wykonawca zainteresowany konkurencyjnością swojej oferty od razu decyduje się na przedstawienie oferty na zaprojektowanie i wykonanie systemu z tworzywa. Wykonawcy zdają sobie sprawę, że zarówno etap projektowania jak i wykonawstwa przy zastosowaniu tworzyw jest nieporównywalnie łatwiejszy i krótszy w realizacji niż w przypadku systemu kamionkowego.

Przestrogą powinny być przetargi unieważniane z powodu przekroczenia spodziewanego kosztu inwestycji lub zbyt małej ilości ofert, co często się zdarza przy przetargach z zastosowaniem systemów kamionkowych.

Polski inwestor coraz bardziej zwraca uwagę na jakość, trwałość, funkcjonalność i cenę kanalizacji. Opierając się na nieprawdziwych danych ekonomicznych ma przesłanki do wyboru kłopotliwego systemu kamionkowego. Opisane powyżej mechanizmy wyboru materiału do wykonania kanalizacji stwarzają pozory mechanizmów rynkowych, a w rzeczywistości stanowią przeszkodę w prowadzeniu inwestycji, wyłonieniu najkorzystniejszej oferty oraz absorpcji środków unijnych.

PODSUMOWANIE

1. Zastosowanie tworzyw sztucznych w systemach kanalizacyjnych pozwala na korzystanie z zalet elastyczności. Systemy elastyczne dostosowują się do zmiennych warunków gruntowo-wodnych, co prowadzi do mniejszej liczby uszkodzeń i awarii w porównaniu do systemów sztywnych. Systemy elastyczne w mniejszym stopniu niż systemy sztywne oddziałują na środowisko – wykazują mniej pęknięć, zapadnięć. W dużym zakresie przystosowują się do błędów wykonawczych oraz do zmian warunków gruntowo-wodnych w czasie.
2. Oprócz zaleceń wynikających z badań systemów kanalizacyjnych wskazujących na potrzebę stosowania w gruntach systemów elastycznych w oparciu o doświadczenia z polskiego rynku sformułować można następujące zalecenia:
 - a) im większy zakres robót, krótszy wymagany czas wykonania inwestycji, im trudniejsze, bardziej nawodnione są grunty, tym bardziej należy stosować systemy z tworzyw, w tym z PVC-u i wykorzystywać korzyści wynikające z ich elastyczności. Decyzję o zastosowaniu systemów z kamionki trzeba podejmować ze świadomością, że w każdym z tych wypadków wykonanie robót będzie trudniejsze, bardziej czasochłonne, towarzyszyć będą mu dłuższe

- czasu odwadniania wykopów oraz zajęć pasów drogowych, a systemy narażone będą na większą awaryjność mającą tendencję do wzrostu wraz z upływem czasu,
- b) zastosowanie systemów z tworzyw sztucznych pozwala na rozwiązanie problemów nie tylko w standardowych obszarach zastosowania, ale również wszędzie tam, gdzie występują dodatkowe utrudnienia – np. tereny eksploatacji górniczej, grunty słabonośne, płytkie lokalizacje. Miejsca takie weryfikują słuszność wyboru systemów tworzywowych. Montaż systemów tworzywowych powinien opierać się o zalecenia normy PN ENV 1046, a poprawność rozwiązań w miejscach występowania niestandardowych utrudnień należy konsultować z producentami.
3. Trendy europejskie pokazują, że tworzywa mają ugruntowaną - wiodącą pozycję w kanalizacji grawitacyjnej, zakres stosowania tworzywowych systemów rośnie z każdym rokiem, a ich udział procentowy w ostatnich latach wynosi ponad 70% w grupie małych średnic oraz około 50% w grupie średnic średnich. W grupie tworzyw sztucznych znaczący i nadal rosnący udział mają rurociągi z PVC-u. Do kamionki należy niewielki procent rynku. Powodem jest nie tylko cena inwestycyjna, na którą składają się niższa cena materiału oraz niższe koszty wykonania robót ziemnych. Coraz częściej o wyborze rozwiązania tworzywowego decyduje również szacowany koszt eksploatacji oraz możliwość uzyskania efektu ekologicznego w krótszym czasie i mniejszym nakładem środków niż w przypadku systemów kamionkowych.
4. Żaden z systemów tradycyjnych, w tym również kamionka nie ma jednocześnie tylu zalet co systemy tworzywowe. Jeżeli bierze się pod uwagę wszystkie materiały, w tym elastyczne, teza o wyższości kamionki nie jest prawdziwa. Jest zasadna tylko w odniesieniu do materiałów tradycyjnych. Wybór materiałów tworzywowych do wykonania kanalizacji to świadomy wybór oparty o analizę:
- kosztów materiałów,
 - ocenę kosztów montażu,
 - szacunek kosztów eksploatacji.
5. W Polsce jak najszybciej powinny zostać wypracowane wskaźniki jednostkowe cen inwestycji z różnych materiałów w oparciu o rzeczywiste ceny realizacji (ceny przetargowe). Wskaźniki te powinny dać podstawę do wydzielenia kosztów materiałowych oraz kosztów niezależnych od materiałów. Istniejące obecnie narzędzia kosztorysowe nie dają właściwej oceny kosztu inwestycji z różnych materiałów. Na etapie projektowym oraz na etapie opracowywania programów funkcjonalno-użytkowych dysponuje się często nieprawdziwymi danymi, które wskazują systemy kamionkowe jako tańsze i prowadzą do nietrafnych decyzji. Etap realizacji inwestycji finansowanych ze środków Unii Europejskiej nie pozwala na zrewidowanie popełnionych błędów inwestycyjnych.
6. W Polsce brak jest danych eksploatacyjnych dotyczących systemów z różnych materiałów. Dostępne są wyrywkowe badania ukierunkowane na różne aspekty eksploatacyjne np. częstotliwość awarii, wielkość awarii [7], koszt czy czas usuwania awarii [4], konieczne zabiegi eksploatacyjne (np. częstotliwość czyszczenia). Pozwalają one zaliczyć systemy tworzywowe, w tym PVC-u, za systemy o najniższych kosztach eksploatacyjnych. Konieczne jest jednak opracowanie ogólnie uznanej metodyki i oszacowanie kosztów na podstawie rzeczywistych danych opartych o skalę pozwalającą uznać dane za średnie statystyczne.
7. Zgodnie z dyrektywami europejskimi wkrótce kosztowe analizy porównawcze zawierać będą dodatkowo wskaźniki ekologiczne. Producenci systemów określać będą zużycie energii

elektrycznej, emisję CO₂, zużycie wody i odprowadzenie ścieków oraz koszty odpadów produkcyjnych oraz recyklingu. Ponadto w analizie znaleźć się będą takie koszty ekologiczne jak transport na miejsce budowy oraz związane nim koszty ekologiczne. W zakresie szacowania tych kosztów wiele jest jeszcze do zrobienia. Niemniej już dziś wiadomo, że produkcja rur z tworzyw sztucznych jest energooszczędna, a transport lekkich rur tworzywowych wpływa na minimalizację kosztów transportu oraz związanych z tym kosztów zużycia infrastruktury drogowej.

Uwzględnianie szerszego niż obecnie spektrum kosztów w analizach będzie wkrótce obligatoryjne. Włączenie do analiz istotnych czynników wyboru systemu jakimi są koszty eksploatacji czy koszty ekologiczne będzie eliminowało decyzje oparte o dowolne dobieranie kryteriów i preferencje osób decyzyjnych.

BIBLIOGRAFIA:

1. Applied Market Information LLC The European Market for Gravity Pipe Systems (2007)
2. BISTYP CONSULTING Katalog cen jednostkowych robót i obiektów inwestycyjnych Warszawa - III kwartał 2008
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 PRiK Bielsko Biała 12'2007
5. Janson L.-E., Molin J.: „Projektowanie i wykonawstwo sieci zewnętrznych z tworzyw sztucznych”. Wavin, Stockholm, January 1991 (wydanie polskojęzyczne)
6. Orgud-Serwis Sp.z.o.o. Informacyjny zestaw cen czynników produkcji budowlanej Poznań - II kwartał 2008
7. 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 Bochum 08'2005
8. Suligowski Z., Bolt A. - Wpływ warunków posadowienia na trwałość rurociągów z tworzyw sztucznych - Instal 05'2008

NORMY POWOŁANE

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
PN-EN 1610: 2002	Budowa i badania przewodów kanalizacyjnych
prCEN/TR1295-3:2007	Obliczenia statyczne rurociągów ułożonych w ziemi w różnych warunkach obciążenia - Część 3: Główne metody
prCEN/TS 15223	Plastics piping systems - Validated design parameters of buried thermoplastics piping systems