

SIECI WODOCIĄGOWE I KANALIZACYJNE W POLSCE ORAZ PROBLEM DOBORU ROZWIĄZAŃ MATERIAŁOWYCH DO ICH BUDOWY

1. Rozwój sieci wodociągowych i kanalizacyjnych w ostatnich latach

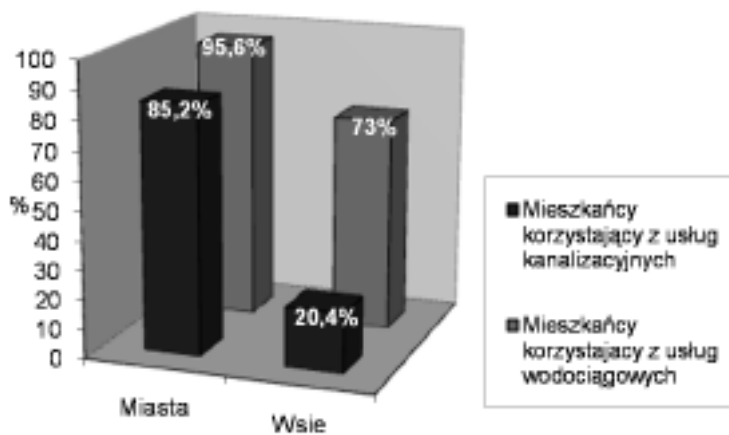
W Polsce eksploatowanych było w 2008 roku ponad 262000 km sieci wodociągowych i blisko 95000 km sieci kanalizacyjnych. Z sieci wodociągowych w zbiorowych systemach zaopatrzenia w wodę korzystało ok. 84% mieszkańców zaś z sieci kanalizacyjnych tylko ok. 53% mieszkańców kraju.

Infrastruktura sieciowa, z uwagi na bezpośrednią realizację zadań w stosunku do odbiorców usług wodociągowych (niezawodne dostarczanie wody do spożycia) i kanalizacyjnych (niezawodny odbiór i oczyszczanie ścieków), decyduje o efektywności działania całych systemów - zaopatrzenia w wodę i kanalizacji. Tak też odbiorcy postrzegają i oceniają sieci wodociągowe i kanalizacyjne. Można zatem stwierdzić, że sprawność działania sieci jest miernikiem sprawności funkcjonowania całego systemu zaopatrzenia w wodę czy też kanalizacji.

Od 1990 r. tj. po transformacji społeczno-gospodarczej, odnotowuje się w Polsce intensywny rozwój infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej. Z analizy postępu działań w tym zakresie wynika, że w Polsce przybywa średnio rocznie ok. 8900 km sieci wodociągowych i 3600 km sieci kanalizacyjnych. W przypadku sieci wodociągowych przyrost jest prawie stały. Natomiast w odniesieniu do sieci kanalizacyjnych można zauważyć zróżnicowanie tempa budowy tych sieci w okresach 1990-1996 i 1996-2007. W latach 1990-1996 budowano średnio rocznie tylko ok. 1600 km sieci, podczas gdy w następnych 10 latach już 3 razy więcej tj. ponad 4900 km rocznie.

Różnica między wyposażeniem jednostek osadniczych w sieci wodociągowe a wyposażeniem w sieci kanalizacyjne jest ogromna. W skali kraju, ze zbiorowych systemów wodociągowych korzysta blisko 3 razy więcej mieszkańców niż ze zbiorowych systemów kanalizacyjnych.

Jednocześnie stopień wyposażenia w infrastrukturę wodociągową i kanalizacyjną jest bardzo różny w miastach i ośrodkach wiejskich (rys. 1).



Rys. 1 Udziały procentowe mieszkańców korzystających ze zbiorowego zaopatrzenia w wodę i zbiorowego odprowadzania ścieków w Polsce w 2005r. (Opracowano na podstawie: Gospodarka ściekowa w Polsce w latach 2004-2005. Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej. www.kzgw.gov.pl)

W przypadku kanalizacji, udział mieszkańców korzystających ze zbiorowych systemów kanalizacyjnych w ośrodkach wiejskich jest ponad 4-krotnie mniejszy, niż w miastach. Natomiast w zakresie zbiorowego zaopatrzenia w wodę różnica już nie jest tak duża i wynosi ok. 21 punktów procentowych.

2. Struktura materiałowa sieci

Sieci wodociągowe i kanalizacyjne budowane są z różnych materiałów, a struktura materiałowa tych sieci w Polsce zmienia się systematycznie od 1990 roku. Analiza tendencji w zakresie rozwoju sieci budowanych z różnych materiałów w ostatnich kilkunastu latach pokazuje, iż nie wszystkie rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne są w równym stopniu wykorzystywane do budowy i wymiany sieci. Można zauważyć szerokie stosowanie wyrobów z tworzyw termoplastycznych, głównie rur i kształtek z polietylenu (PE) w wodociągach oraz z polichlorku winylu (PVC) – w wodociągach i kanalizacji. Obserwuje się też ciągły przyrost sieci wodociągowych budowanych z żeliwa sferoidalnego. W przypadku sieci wodociągowych daje się zauważyć stały wzrost długości przewodów budowanych z PE i żeliwa sferoidalnego z tym, że przyrosty sieci z PE są dużo większe, niż z żeliwa sferoidalnego.

Przeciętne roczne przyrosty sieci budowanych z PE to ok. 3,8% natomiast z żeliwa sferoidalnego ok. 1,5%. Szczególnym okresem były lata 1999-2000, kiedy zbudowano ok. 28,5% długości sieci z polietylenu. Podobne tendencje obserwuje się w zakresie odnowy (renowacji, wymiany bezwykopowej i wymiany wykopowej) przewodów wodociągowych, gdzie stare przewody wykonane ze stali, żeliwa szarego i azbesto-cementu wymienia się głównie na rurociągi z PE [Kwietniewski i in., 2008b].

Szczególną uwagę zwraca również PVC. Wykorzystanie tego materiału do budowy sieci wodociągowych miało tendencję wzrostową tylko do roku 1997. Od tamtego czasu do 2005r. obserwowano trend spadkowy. W przypadku sieci kanalizacyjnych, w pierwszej połowie lat 90. ubiegłego stulecia można było zauważyć wyraźną dominację rur

kamionkowych w budowie sieci. Blisko 50% wszystkich badanych sieci budowano wówczas z rur wykonanych z tego materiału. Natomiast w dalszym okresie, począwszy od 1996r. coraz szerzej wykorzystywano rury z PVC i one miały największy udział w nowych sieciach kanalizacyjnych. Zawierał się on w granicach od 43,6% (1996r.) do 89,4% (2001r.). Podobnie można mówić o odnowie sieci kanalizacyjnych, gdzie stare przewody w kamionki tradycyjnej i betonu wymieniane były na rury z PVC. Z badań [Kwietniewski i in 2008a] wynika również, że wzrostowy trend w stosowaniu rur z PVC do budowy sieci kanalizacyjnych trwał do 2001r. Od tego czasu obserwuje się zmniejszone zainteresowanie tym materiałem, czego efektem jest nieznaczny trend spadkowy.

Równocześnie z rozwojem sieci budowanych z nowych materiałów widać systematyczne zmniejszanie użycia materiałów tradycyjnych tj. stali i żeliwa szarego do budowy sieci wodociągowych (tabela 1) oraz kamionki, betonu i żelbetu do budowy kanalizacji (tabela 2).

Tabela 1

Porównanie udziałów procentowych długości sieci wodociągowych budowanych z różnych materiałów w roku 1992 i w roku 2005

Material	1992r	2005r	Zmiana
Stal	35,6	1,9	- 33,7
Żeliwo szare	21,8	2,1	- 19,7
Żeliwo sferoidalne	2,3	23,1	+ 20,8
PVC	35,4	15,1	- 20,3
PE	4,6	57,7	+ 53,1
Inne	0,5	0,1	- 0,5
Razem	100	100	

Tabela 2.

Porównanie udziałów procentowych długości sieci kanalizacyjnych budowanych z różnych materiałów w roku 1992 i w roku 2005.

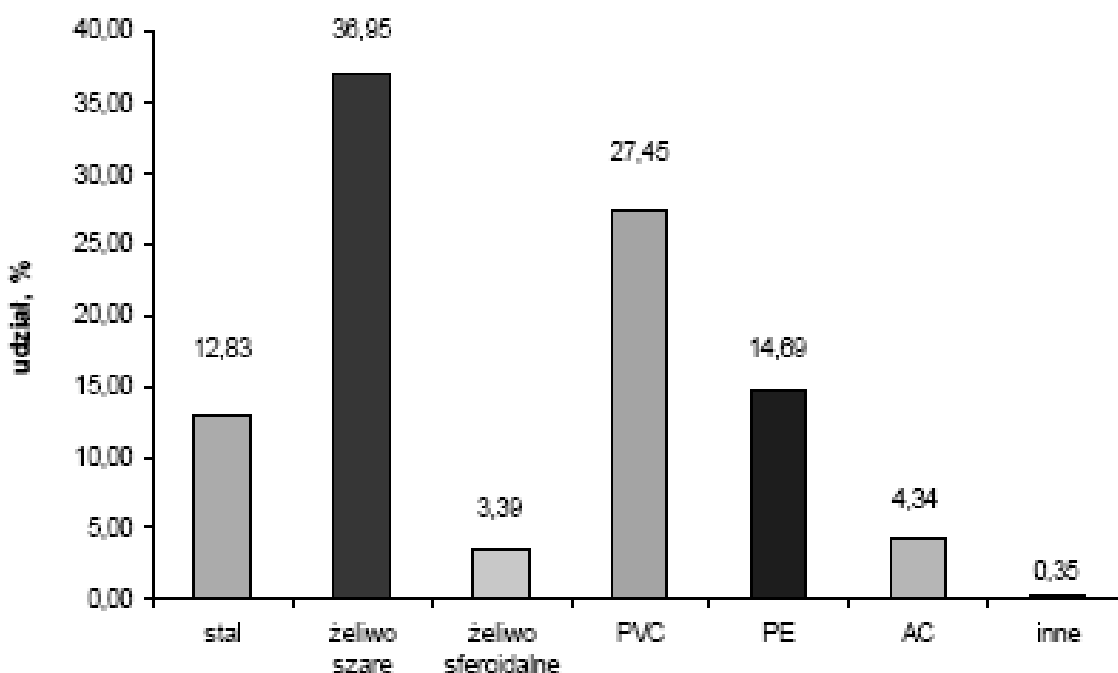
Material	1992r	2005r	Zmiana
Kamionka ¹	50,1	10,6	- 39,5
Żelbet	11,8	0,3	- 11,5
Beton	33,2	0,6	- 32,6
PVC	1,5	80,3	+ 78,8
PE	0,0	0,6	+ 0,6
Kompozyt ²	0,0	0,7	+ 0,7
Inne ³	3,4	6,9	+ 3,5
Razem	100	100	

¹ Kamionka tradycyjna. ² Glass Reinforced Plastic – żywica wzmocniona włóknem szklanym; ³inne: żeliwo szare, żeliwo sferoidalne, rury strukturalne (typu Duo, Spiro i in.)

Wyniki najnowszych badań przeprowadzonych w latach 2005-2008 pozwoliły na uaktualnienie zmian w strukturze materiałowej sieci wodociągowych. W analizowanym okresie:

- * zmniejszyły się udziały stali i żeliwa szarego o ok. 2%
- * nieznacznie wzrósł udział żeliwa sferoidalnego o ok. 0,6%
- * nastąpił niewielki wzrost udziału PVC (ok. 0,7%)
- * wzrósł udział PE o ponad 3%
- * zmalał udział azbestocementu o ok. 0,3%.

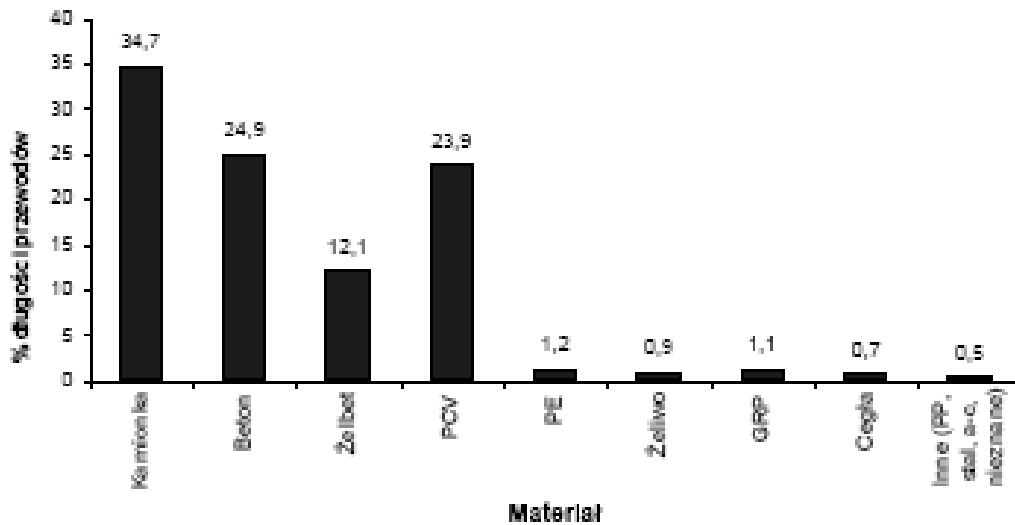
Te zmiany, choć niewielkie, potwierdzają utrzymujący się od dłuższego czasu trend w zakresie struktury materiałowej sieci wodociągowych w Polsce. W rezultacie, w badanych sieciach mieliśmy ponad 42% przewodów z tworzyw termoplastycznych w tym, ok. 27,5% z PVC i ok. 14,7% z PE. Zwraca uwagę także niewielki ale ciągły przyrost sieci budowanych z żeliwa sferoidalnego, które obecnie stanowią średnio ok. 3,4% długości badanych sieci (rys. 2).



* inne: GRP, żelbet, ołów, beton

Rys. 2 Struktura materiałowa badanych sieci wodociągowych w Polsce w 2008 r. [Kwietniewski i in., 2010].

Nadal jednak w sieciach wodociągowych dominują przewody wykonane z tradycyjnych materiałów tj. żeliwa szarego i stali, które stanowią w sumie ok. połowę wszystkich badanych sieci. Istotny udział mają jeszcze rurociągi z azbestocementu. Eliminacja tego materiału z sieci wodociągowych odbywa się systematycznie w sposób racjonalny tj. na ogół przy okazji usuwania awarii nie odnawia się uszkodzonego przewodu azbestocementowego (pozostawia się go w gruncie), zastępując go rurociągiem wykonanym z tworzyw termoplastycznych lub żeliwa sferoidalnego [Kwietniewski i in., 2010]. W sieciach kanalizacyjnych, tradycyjne rury kamionkowe, betonowe i żelbetowe stanowią ponad 71% długości badanych sieci. Ale znaczący udział mają już rurociągi nowe wykonane z PVC, których jest blisko 24% w sieciach kanalizacyjnych. Inne materiały, w szczególności PE, GRP, PP mają jeszcze niewielkie udziały w strukturze budowanych sieci (rys. 3).



Rys. 3 Struktura materiałowa sieci kanalizacyjnych w 2005 r. [Misztal-Kruk i in, 2008].

Oceniając strukturę materiałową sieci wodociągowych i kanalizacyjnych można generalnie stwierdzić, że jest ona odzwierciedleniem światowych tendencji w zakresie wytwarzania nowych materiałów, technologii produkcji rur, kształtek i technik łączenia przewodów oraz aplikacji tych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych do budowy wodociągów i kanalizacji. Odnosi się to do sieci wykonywanych po 1990 roku, od kiedy najchętniej w przypadku wodociągów stosuje się tworzywa termoplastyczne (PE i PVC) i żeliwo sferoidalne jako materiał nowej generacji, a w kanalizacji PVC i kamionkę nowej generacji, choć w mniejszej skali. W strukturze badanych sieci pozostaje jednak znaczna część przewodów wykonanych z tradycyjnych materiałów takich jak żeliwo szare i stal w wodociągach oraz kamionka, beton i żelbet w kanalizacji. Przewody z żeliwa szarego i stali obejmują blisko 50% długości sieci wodociągowych, a spory udział tj. ok. 4,3% mają jeszcze przewody azbestowo cementowe, które są sukcesywnie wymieniane na przewody z innych materiałów. Z kolei w kanalizacji, przeważają zdecydowanie tradycyjne przewody kamionkowe oraz betonowe i żelbetowe. Ten ogólny obraz struktury materiałowej sieci z dominacją starych przewodów pokazuje jak ogromny zakres prac modernizacyjnych należy podjąć aby odnowić i tym samym poprawić jakość funkcjonowania sieci dystrybucji wody i sieci kanalizacyjnych.

Z uwagi na duże braki w danych inwentaryzujących identyfikujących okresy budowy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych w Polsce trudno jest ustalić dokładną strukturę wiekową tych sieci. Na podstawie bardzo ogólnych danych na ten temat można jedynie stwierdzić, że w wielu dużych miastach Polski przewody wodociągowe funkcjonujące ponad 50 lat stanowiły w końcu lat 90. XXw. nawet 50% całkowitej długości sieci, a w większości tych miast przewody w wieku 25 ÷ 50 lat obejmowały 30 ÷ 45% długości sieci. Biorąc pod uwagę przyjmowane w kraju okresy trwałości technicznej wodociągowych przewodów stalowych 50 lat i przewodów z żeliwa szarego 75 ÷ 80 lat widać, że znaczny odsetek przewodów mógłby kwalifikować się do wymiany (wymaga to jeszcze szczegółowych badań) [Dohnalik i Jędrzejewski, 2004]. Bardziej zdecydowanie można mówić w tym kontekście o sieciach kanalizacyjnych, w których funkcjonują jeszcze kanały wybudowane pod koniec XIX. i na początku XX. wieku [Kwietniewski i Rak, 2010].

3. Problem doboru rozwiązań materiałowych do budowy sieci wodociągowych

Problem doboru rozwiązań materiałowo - konstrukcyjnych najbardziej odpowiednich do budowy sieci wodociągowych w danych warunkach pojawił się w kraju na początku lat dziewięćdziesiątych wraz z docieraniem do Polski nowych technologii i rozwiązań technicznych dopiero wdrażanych do budowy wodociągów i kanalizacji. Praktycznie od tego czasu obserwuje się w Polsce coraz szerszą dostępność najnowszych technologii i rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych. Obecnie potrzeba wyboru właściwego rozwiązania materiałowo – konstrukcyjnego wynika z ogromnego nasycenia rynku produktami o zbliżonych własnościach i zakresie stosowania.

Przed rokiem 1990 praktycznie nie istniał problem doboru rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych ze względu na skąpą ofertę rynku produkcyjnego i ograniczony dostęp do nowych technologii możliwych do uzyskania tylko w krajach zachodnich wysoko rozwiniętych, na które bardzo trudno było uzyskać środki walutowe. Można nawet przyjąć stwierdzenie, że nie było właściwie wyboru lub co najwyżej wybór ten był z góry przesądzony. Oferowane materiały przy tym swoje, utrwalone wieloletnimi doświadczeniami i tradycją, konkretne przeznaczenie. Realizacja inwestycji wodociągowych i kanalizacyjnych była przy tym ściśle związana z preferencyjnym rozwijaniem określonych gałęzi przemysłu w Polsce, między innymi przemysłu cementowego i azbestowego. Na przykład w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych preferowano rury azbestocementowe i żelbetowe jako jedne z najtańszych do budowy sieci wodociągowych. Sposób doboru rodzaju rur do budowy sieci wodociągowych był nawet w pewnym sensie przesądzony. Według Wytocznych [8], do budowy przewodów o średnicy do 400 mm i dla "normalnych" warunków eksploatacji zalecano stosować rury azbestowo-cementowe lub z tworzyw sztucznych (głównie PVC). Natomiast przewody o większych średnicach należało projektować z rur wykonanych z materiałów dobieranych wg preferencji: 1- żelbet, 2- żeliwo (szare), 3-stal. Należało oczywiście przy tym uwzględniać indywidualne właściwości tych materiałów.

Wobec bogatej oferty produktów na rynku wodociągowym, od dłuższego czasu widać potrzebę rozwiązania problemu wyboru odpowiedniego do danych warunków rozwiązania materiałowego do budowy i modernizacji sieci wodociągowych. Dokonanie właściwego wyboru jednak nie jest zadaniem łatwym, gdyż wszystkie wyroby dostępne na rynku posiadają odpowiednie dokumenty uprawniające je do stosowania w wodociągach. Jednakże, analizując szeroki zakres uwarunkowań związanych z budową, modernizacją, a zwłaszcza późniejszą eksploatacją sieci wodociągowych i uwarunkowania lokalne można zauważyć, iż nie wszystkie produkty w jednakowym stopniu wypełniają te wymagania. A w skrajnie nietypowych sytuacjach niektóre z nich nie mogą być zastosowane.

Podstawą wyboru najlepszego w danych warunkach rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego jest wiedza o dostępnych na rynku produktach. Wiedza ta jest zawarta w wielu różnych źródłach technicznych i naukowych, publikacjach różnego typu oraz normach, wytycznych, instrukcjach i katalogach. Nieodzowne są w tym wypadku również doświadczenia eksploatorów sieci wodociągowych. Obok wiedzy, drugim istotnym elementem procesu doboru są kryteria, które pozwalają na względne porównanie poszczególnych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych na podstawie posiadanej wiedzy.

Istota doboru rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych

Dobór odpowiedniego rozwiązania materiałowego do budowy przewodów wodociągowych powinien być ukierunkowany na potrzeby i oczekiwania przyszłych użytkowników systemu dystrybucji wody. Tymi użytkownikami są przede wszystkim przedsiębiorstwa, zajmujące się rozwojem, modernizacją oraz utrzymaniem i użytkowaniem sieci oraz odbiorcy wody. Do grona użytkowników, ale czasowych, można zaliczyć też wykonawców, którzy budują sieci.

Problem doboru właściwego „materiału” do budowy sieci wodociągowych wiąże się w gruncie rzeczy z pogodzeniem partykularnych interesów: eksploatatorów, odbiorców wody i wykonawców sieci wodociągowych. Interesy te są bowiem w części sprzeczne ze sobą. Np. z punktu widzenia odbiorcy wody, najważniejsze jest to, aby otrzymał on wodę w wymaganej ilości i o dobrej jakości. Odbiorcy nie interesują się na ogół takimi cechami przewodów jak np. mała chropowatość, istotna z punktu widzenia eksploatatora czy też szybkość montażu, istotna dla wykonawcy, który musi jak najszybciej zrealizować inwestycję wodociągową. Z kolei, eksploatator jest zainteresowany właśnie niską chropowatością rur, bo to wiąże się z małymi stratami ciśnienia i w rezultacie niskimi kosztami energii na pompowanie wody, które mają decydujący udział w kosztach eksploatacji systemu dystrybucji wody.

Szczególną rolę w procesie doboru materiału mają do spełnienia projektanci. Biorąc pod uwagę udział projektantów w procesie inwestycyjnym, można postawić tezę, iż to do nich należy rozwiązanie problemu doboru „materiału” przewodów z jakiego powinna być wybudowana sieć wodociągowa. Ale kryteria doboru powinny być określone przez głównego użytkownika (eksploatatora), którym jest przedsiębiorstwo wodociągów i kanalizacji oraz odbiorców wody (w ich imieniu występują instytucje dbające o jakość dostarczanej wody). Projektanci powinni więc posiadać wiedzę wystarczającą do tego aby, uwzględniając te kryteria, zaproponować najlepsze w danych warunkach rozwiązanie z punktu widzenia potrzeb użytkownika.

4. Podstawy metodyki doboru rozwiązań materiałowych do budowy przewodów wodociągowych

Wychodząc naprzeciw potrzebie rozwiązania problemu doboru rozwiązań materiałowych do budowy sieci wodociągowych w roku 2010 opracowano zasady takiego doboru. Praca pt. „Zasady doboru rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych do budowy przewodów wodociągowych” [Dąbrowski i in., 2011] powstała pod patronatem Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m st Warszawie SA oraz Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”. Należy wyraźnie zaznaczyć, iż opracowanie to, mimo iż, nie ma charakteru wytycznych ani też instrukcji szczegółowo opisujących technikę postępowania przy doborze „materiału”, zawiera ważne dla doboru charakterystyki techniczno-funkcjonalno-użytkowe wszystkich wyrobów dopuszczonych do budowy wodociągów oraz kryteria i procedurę doboru. Pod pojęciem rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego rozumie się rury, kształtki i połączenia wykonane z danego materiału. Zaproponowane tutaj

pojęcie można traktować także jako system tworzący zestaw elementów niezbędnych do budowy przewodów wodociągowych (bez armatury).

Wymienione opracowanie zawiera podstawową wiedzę i propozycję metodyki doboru najlepszego w danych warunkach rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego. Kluczowym elementem metodyki są kryteria oraz ich hierarchizacja. Opracowano pięć grup kryteriów, z których każda zawiera po kilka czynników (kryteriów). Przyjęto następujące grupy kryteriów:

- I. Wzajemne oddziaływanie materiału i przepływającej wody
- II. Warunki eksploatacji i użytkowania
- III. Koszty
- IV. Warunki montażu
- V. Warunki realizacji inwestycji

W sumie rozważono 30 kryteriów (czynników), które powinny brać brane pod uwagę przy doborze rozwiązań materiałowych.

Przyjęto założenie, że kryteria nie mogą być równoważne ze względów obiektywnych. Sieci wodociągowe są bowiem projektowane na ogół do przesyłu i dystrybucji jednego rodzaju wody, o najwyższej jakości tj. wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Ponadto ważne znaczenie mogą mieć też uwarunkowania lokalne związane z funkcjonowaniem i eksploatacją danego systemu zaopatrzenia w wodę. Dlatego zróżnicowano kryteria pod względem wpływu na dobór rozwiązania materiałowego, nadając im odpowiednie wagi. Wymieniona wyżej kolejność grup kryteriów wynika właśnie z malejącej wartości nadanych im wag.

W metodyce doboru proponuje się procedurę polegającą na stosowaniu ocen punktowych rozważanych wyrobów. Każdemu rozważanemu „materiałowi” nadaje się ocenę punktową (liczbę punktów w przyjętej skali od najlepiej do najgorzej spełniającego dane kryterium) pod względem stopnia spełnienia danego kryterium. Natomiast ocena końcowa ocenianego wyrobu jest sumą iloczynów wag i liczby nadanych mu punktów. Porównanie otrzymanych w ten sposób wartości ocen końcowych poszczególnych wyrobów pozwala na wybór najlepszego w danych warunkach rozwiązania materiałowego.

Ocena punktowa powinna w dużym stopniu ułatwić projektantowi stosowanie procedury doboru. Ale jednocześnie jest ona niezmiernie wymagająca, jeśli idzie o wiedzę projektanta na temat własności techniczno-funkcjonalno-użytkowych wyrobów oraz warunków budowy i późniejszej eksploatacji projektowanej sieci wodociągowej.

Ponadto nakłada na Niego ogromną odpowiedzialność za podjęte decyzje.

5. Podsumowanie

W podsumowaniu należy stwierdzić, iż:

- * w strukturze materiałowej infrastruktury sieciowej dominują nadal tradycyjne materiały takie jak, żeliwo szare i stal w wodociągach (stanowią razem ok. 50% długości badanych sieci) oraz kamionka, beton i żelbet w kanalizacji (razem ponad 70% długości sieci)

- * w ostatnich 20 latach sieci budowane są głównie z PE, PVC i żeliwa sferoidalnego w przypadku wodociągów oraz z PVC w przypadku kanalizacji
- * wobec bogatej oferty rozwiązań materiałowych przeznaczonych do budowy sieci wodociągowych i kanalizacyjnych konieczne jest opracowanie zasad doboru tych rozwiązań. Metodyka doboru powinna bazować na solidnej wiedzy i doświadczeniach eksploatacyjnych a niezbędnymi jej elementami są odpowiednie kryteria oraz procedura doboru.

Literatura

1. Dąbrowski W., Kwietniewski M., Miłaszewski R., Morga B., Roszkowski A., Starzyński J., Szatkiewicz K., Tłoczek M., Wichrowska B., Wysocki L., 2010: *Zasady doboru rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych do budowy przewodów wodociągowych*. Wyd. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m. st. Warszawie S.A. i Izba Gospodarcza „Wodociągi Polskie”, Bydgoszcz (w druku).
2. Dohnalik P., Jędrzejewski A.: *Efektywna eksploatacja wodociągów*. Wyd. LEMtech Konsulting sp. z o.o. Kraków 2004.
3. Kwietniewski M., Miszta-Kruk K., Osiecka A., Parada J. *Technologie odnowy komunalnych sieci kanalizacyjnych w Polsce w latach 2000 – 2005 w świetle danych z eksploatacji*. III Międzynarodowa konferencja NO-DIG POLAND 2008. Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska. Kielce IV 2008.
4. Kwietniewski M., Miszta-Kruk K., Osiecka A., Parada J.: *Technologie odnowy komunalnych sieci wodociągowych w Polsce w latach 2000 – 2005 w świetle danych z eksploatacji*”, Materiały XX międzynarodowej konferencji pt. Zaopatrzenie w wodę , jakość i ochrona wód, T II, s.177– 187, Gniezno-Poznań, VI. 2008
5. Kwietniewski M., Tłoczek M., Ferszt E., Sobierajski M. 2010: *Badania struktury materiałowej oraz zakresu stosowania technologii odnowy sieci wodociągowych w Polsce w latach 2005-2008*. Zeszyty Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie”. S. 17-33. Rok. IV, nr 4/2010, ISSN 1734-0896
6. Kwietniewski M., Rak J., 2010: *Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce*. Wyd. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Warszawa.
7. Miszta-Kruk K., Kwietniewski M., Osiecka A., Parada J.: *Material structure of municipal networks In Poland in the period of 2000 to 2005*. [in:] Madryas, C (Ed.), Przybyła B. (Ed.), Szot A. (Ed.) *Underground Infrastructure of Urban Areas*. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, London, New York, Leiden 2009.
8. *Wytyczne techniczne projektowania komunalnych sieci wodociągowych*, Zarządzenie MGK z dn. 17 stycznia 1964 r. (Dz. Bud. Nr 8 poz. 26)