

Ocena kosztów renowacji rurociągów sieci wodociągowych metodami utwardzonego rękawa CIPP i wykładziny cementowej

Assessment of water supply pipe lines renovation costs using the hardened CIPP sleeve and cement lining methods

KRZYSZTOF PŁOSKI, FLORIAN PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2022.3.6

Problemy z eksploatacją rurociągów magistralnych sieci wodociągowych wykonanych ze stali i żeliwa szarego stają się coraz trudniejsze z czasem ich eksploatacji ze względu na korozję i inkrustację. Zakłady je eksploatujące stają przed wyborem budowy nowych lub poddaniu renowacji istniejących. Na przykładzie trzech różnych zrealizowanych inwestycji rurociągów o różnych średnicach dokonano oceny kosztów ich renowacji. Renowacja 1 to rurociągi $\varnothing 500$ i $\varnothing 800$, renowacja 2 to rurociągi $\varnothing 200$ do $\varnothing 400$ renowacja 3 to rurociągi $\varnothing 300$ i $\varnothing 450$. Wykorzystane zostały technologie renowacji przez narzucanie cementu oraz zastosowanie rękawów Seartex – Liner H₂O i Phoenix Double Jacket. Ceny wykonania renowacji 1 mb rurociągu z żeliwa szarego DN800 i DN500 przy użyciu rękawa CIPP UV (Seartex – Liner H₂O) wynosiły 1760 zł oraz 1100 zł. Cena wykonania renowacji 1 mb rurociągu stalowego DN500 przy zastosowaniu procesu Phoenix Double Jacket wyniosła 975 zł. Cena wykonania renowacji 1 mb rurociągu stalowego DN600 przy zastosowaniu procesu wykładziny cementowej wyniosła 412,96 zł. Porównywalne zatem koszty realizacji inwestycji można ponieść przy zastosowaniu metod CIPP UV (Seartex – Liner H₂O) oraz Process Phoenix Double Jacket. Należy podkreślić, że zostały poprawione właściwości hydrauliczne poddanych renowacji rurociągów.

Słowa kluczowe: sieci wodociągowe, naprawa – renowacja, metoda rękawa, metoda wykładziny cementowej, koszty renowacji rur.

The operational problems of steel and gray cast iron trunk pipelines become more and more difficult over their operation time due to insight into corrosion and incrustation. The companies operating them are faced with the choice of building new ones or administering existing renovations. On the example of 3 different completed investments of different diameters pipelines, pipelines, the cost of their renovation was assessed.

Renovation 1 is $\varnothing 500$ and $\varnothing 800$ pipelines, renovation 2 is $\varnothing 200$ to $\varnothing 400$ pipelines, renovation 3 is $\varnothing 300$ and $\varnothing 450$ pipelines. Renovation technologies used were throwing cement and using Seartex-Liner H₂O and Phoenix Double Jacket sleeves. The prices for the renovation of 1 meter of the gray cast iron pipeline DN800 and DN500 using the CIPP UV sleeve (Seartex-Liner H₂O) were 1760 PLN and 1100 PLN. The price for the renovation of 1 meter of the DN500 steel pipeline using the Phoenix Double Jacket process was 975 PLN. The price for the renovation of 1 meter of the pipeline DN600 using the cement lining process was 412,96 PLN. Therefore, comparable investment implementation costs can be incurred using the CIPP UV (Seartex-Liner H₂O) and Phoenix Double Jacket Process methods. It should be emphasized that the hydraulic properties of the given pipeline renovations have been improved

Keywords: water supply networks, repair – renovation, sleeve method, cement lining method, pipe renovation costs.

Wstęp

Sieci wodociągowe w Polsce są już praktycznie zbudowane zarówno w miastach, jak i na obszarach wiejskich. Szczególnie intensywne prace związane z budową sieci wodociągowych przypadają na lata 60 i 70 ubiegłego wieku. Związane to było przede wszystkim z zabudową mieszkaniową na szeroką skalę oraz rozwojem przemysłu wodochłonnego. Jednak za intensywnością prac, a tym samym za liczbą i długością układanych rurociągów nie stała jakość materiałów, z których zostały wykonane. Najgorsze odlewy rur żeliwnych powstawały w latach 60 i 70 ubiegłego wieku [3]. Rury stalowe ze względu na szybko postępującą korozję ulegały awariom już po 20 latach eksploatacji. Niska jakość tych materiałów jest jedną z przyczyn prowadzenia obecnie intensywnych prac renowacyjnych. Co więcej, z raportu Najwyższej Izby Kontroli z 2018 roku wynika, że w wielu miastach Polski ponad 50% długości sieci wodociągowych stanowią przewody funkcjonujące dłużej niż 50 lat, a 45% – przewody w wieku 25–50 lat.

kaniową na szeroką skalę oraz rozwojem przemysłu wodochłonnego. Jednak za intensywnością prac, a tym samym za liczbą i długością układanych rurociągów nie stała jakość materiałów, z których zostały wykonane. Najgorsze odlewy rur żeliwnych powstawały w latach 60 i 70 ubiegłego wieku [3]. Rury stalowe ze względu na szybko postępującą korozję ulegały awariom już po 20 latach eksploatacji. Niska jakość tych materiałów jest jedną z przyczyn prowadzenia obecnie intensywnych prac renowacyjnych. Co więcej, z raportu Najwyższej Izby Kontroli z 2018 roku wynika, że w wielu miastach Polski ponad 50% długości sieci wodociągowych stanowią przewody funkcjonujące dłużej niż 50 lat, a 45% – przewody w wieku 25–50 lat.

riom już po 20 latach eksploatacji. Niska jakość tych materiałów jest jedną z przyczyn prowadzenia obecnie intensywnych prac renowacyjnych. Co więcej, z raportu Najwyższej Izby Kontroli z 2018 roku wynika, że w wielu miastach Polski ponad 50% długości sieci wodociągowych stanowią przewody funkcjonujące dłużej niż 50 lat, a 45% – przewody w wieku 25–50 lat.

mgr inż. Krzysztof Płoski, dr inż. Florian Piechurski <https://orcid.org//0000-0001-8065-962X> – Politechnika Śląska Gliwice, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Inżynierii Wody Ścieków. Adres do korespondencji/ Corresponding author: Florian.Piechurski@polsl.pl

W strukturze materiałowej sieci ciągle znaczny udział mają stare rurociągi z żeliwa szarego (ok. 35%), stali (ok. 10%) i z azbestocementu (ok. 4%). Tempo odnowy sieci wodociągowych szacowane jest na poziomie 0,9% długości przewodów wodociągowych rocznie [9]. Co oznacza, że pełne odnowienie nastąpi za ok. 100 lat. Dane te również wskazują na potrzebę renowacji lub też wymiany rurociągów na terenie Polski. Przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne powinny dążyć do zwiększenia tempa prac renowacyjnych oraz wymian sieci wodociągowych.

Wszystkie wyżej wymienione czynniki takie jak wiek wodociągu, materiały i ich jakość, tempo prac mają wpływ na niezawodność dostaw wody. Co więcej skoro-dowane i pokryte twardymi osadami stare rury stają się przyczyną wtórnego zanieczyszczenia wody, zatem spadku jej jakości. Zgodnie z Ustawą z dnia 7 czerwca 2001 r. „Przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne ma obowiązek zapewnić zdolność posiadanych urządzeń wodociągowych i urządzeń kanalizacyjnych do realizacji dostaw wody w wymaganej ilości i pod odpowiednim ciśnieniem oraz dostaw wody i odprowadzania ścieków w sposób ciągły i niezawodny, a także zapewnić należytą jakość dostarczanej wody i odprowadzanych ścieków”. Jednym z rozwiązań, aby móc spełnić postawione przez ustawę warunki oraz by zmniejszyć bieżące koszty eksploatacyjne zarządzania siecią wodociągową, jest przeprowadzenie wymiany lub odpowiednio dobbranej renowacji wodociągu.

Prace renowacyjne powinny obejmować przewody tranzytowe, magistralne, rozdzielcze wraz z przyłączami. Renowacje sieci wodociągowych powinny obejmować inspekcję, czyszczenie i uszczelnienie systemów wodociągowych. Renowacje mogą być prowadzone za pomocą wielu różniących się od siebie metod. Ich wybór powinien być poprzedzony szczegółowymi badaniami i wynikającymi z nich obliczeniami wytrzymałościowymi [1]

Zakres analizy

Przeprowadzono analizę i ocenę metod renowacji sieci wodociągowych na podstawie trzech zrealizowanych inwestycji (tab.1), dla których zgromadzono dane pochodzące z etapów projektowych, wykonawczych, odbiorowych oraz wywiadów z projektantami oraz kierownikami pracującymi nad wyżej wspomnianymi realizacjami oraz danych dla sieci wodociągowej w miastach B i K.

Tabela 1. Zestawienie przedsięwzięć renowacyjnych poddanych analizie
Table 1. List of the analyzed renovation projects

		Zakres przedsięwzięcia
Przedsięwzięcie nr 1 w mieście B	Zadanie 1	Renowacja magistrali wodociągowej DN800 od Stacji Uzdatniania Wody do ul. A1 wraz z renowacją wodociągu DN500 i komory na odcinku od hali odzależiaczy do granicy działki Ujęcia Wody
	Zadanie 2	Modernizacja rurociągu wody surowej DN250 i DN400 od studni nr 10 do studni nr 8 wraz z przebudową komór
	Zadanie 3	Modernizacja wodociągu DN300 w ul. S na odcinku skrzyżowania z ul. P do ronda O.
Przedsięwzięcie nr 2 w mieście K	-	Remont sieci wodociągowej w ul. K i ul. S w mieście za pomocą metody Process Phoenix Double Jacket
Przedsięwzięcie nr 3 w mieście K	-	Modernizacja wodociągu DN600 mm od studni A2 do wysokości osiedla B w mieście K. metodą cementowania

Opis przedsięwzięcia nr 1

Modernizacja istniejącej sieci wodociągowej zrealizowana została w mieście B. Przedsięwzięcie obejmowało 3 zadania. Fragment trasy rurociągu poddawano renowacji przedstawiono na rys.1.

Zadanie 1

Renowacja magistrali wodociągowej DN800 od Stacji Uzdatniania Wody do ul. A wraz z renowacją wodociągu DN500 i komory na odcinku od hali odzależiaczy do granicy działki Ujęcia Wody.

W ramach tego zadania poddano renowacji sieć wodociągową o parametrach:

- DN800 o długości L = 2163,70 m, materiał żeliwo szare,
- DN500 o długości L = 257,50 m, materiał żeliwo szare.

Zadanie 2

Modernizacja rurociągu wody surowej DN250 i DN400 od studni nr 10 do studni nr 8 wraz z przebudową komór.

W ramach tego zadania poddano renowacji sieć wodociągową o parametrach:

- DN400 o długości L = 1162,95 m, materiał żeliwo szare,
- DN250 o długości L = 688,80 m, materiał żeliwo szare,
- DN220 o długości L = 32,00 m, materiał żeliwo szare,
- DN200 o długości L = 30,40 m, materiał żeliwo szare.

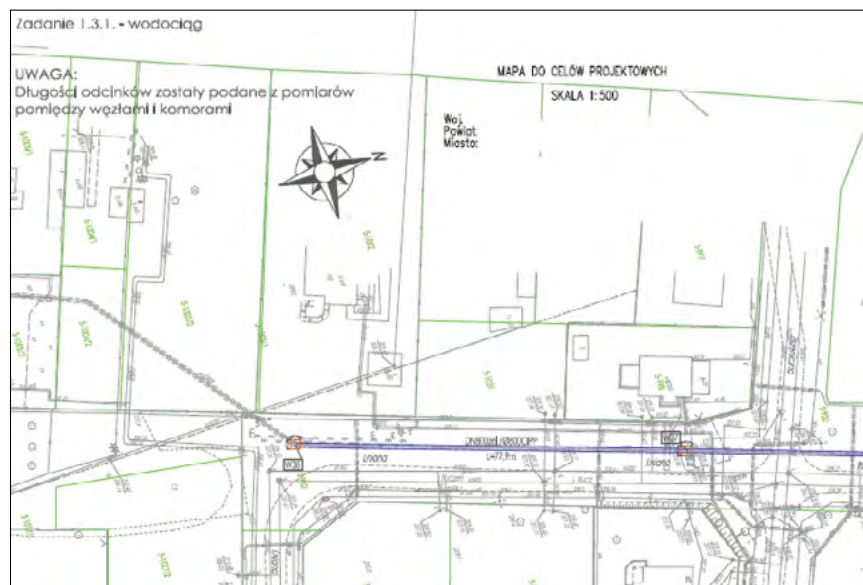
Zadanie 3

Modernizacja wodociągu DN300 w ul. S na odcinku skrzyżowania z ul. P do ronda O.

W ramach tego zadania poddano renowacji sieć wodociągową o parametrach:

- DN300 o długości L = 453,40 m, materiał żeliwo szare,
- DN450 o długości L = 134,80 m, materiał żeliwo szare.

Inwestycja renowacji obejmowała czyszczenie rurociągu przed montażem wykładziny wewnętrznej, bezwykopową



Rys. 1
Fragment mapy do celów projektowych z wodociągami DN800 żeliwnymi poddawanymi renowacji oraz z zaznaczeniem miejsc wykonania wykopów technologicznych
Fig. 1 A piece of a map for design purposes with a renovated cast iron water supply pipeline DN800 and marking the places of technological excavations

przebudowę wodociągu polegającą na montażu wykładziny ściśle pasowanej CIPP utwardzanej promieniami UV oraz włączenie odgałęzień wodociągowych. Powodem, dla którego zdecydowano się na podjęcie wykonania renowacji, był zły stan techniczny rurociągów. Zarówno rurociąg sieci wodociągowej, jak też wody surowej charakteryzowały się wysokim stopniem skorodowania, inkrustacją oraz uszkodzeniami, które powodowały obniżanie właściwości hydraulicznych. Na odcinkach sieci dochodziło również do rozszczelnień. Jednym z problematycznych miejsc, gdzie dochodziło do wycieku, było połączenie rurociągu na załamaniu, kształtką (kolanem 30°) kołnierz – kołnierz (fot. 1). W miejscu tym kolejno zostały wykonane wykop technologiczny, demontaż połączenia kołnierzowego, wycięcie części rurociągu, wprowadzanie rękawa renowacyjnego CIPP UV (fot.2,3) oraz zostało wymienione stare żeliwne kolano na rurę PE100RC połączoną za pomocą zgrzewania doczołowego (fot.4).

Przy wyborze technologii renowacyjnej brano pod uwagę średnicę i materiał rurociągu również trasę wodociągu w te-



Fot.1.
Rurociąg na załamaniu 30°. Stan przed renowacją
Pic. 1. Pipeline at a 30 ° bend. Condition before renovation



Fot.2:
Wprowadzanie łańcucha z lampami UV w celu utwardzenia wykładziny SearTex – Liner H₂O
Pic. 2: Inserting a chain with UV lamps to harden SearTex-Liner H₂O



Fot.3.
Wykładzina SearTex – Liner H₂O w trakcie utwardzania lampami UV
Pic.3. SearTex liner – Liner H₂O during curing with UV lamps



Fot.4.
Rurociąg na załamaniu 30°. Stan po renowacji
Pic. 4. Pipeline at a 30 ° bend. Condition after renovation

renie, wymaganą wytrzymałość na obciążenia wewnętrzne i zewnętrzne oraz długości poszczególnych odcinków pomiędzy zasuwami.

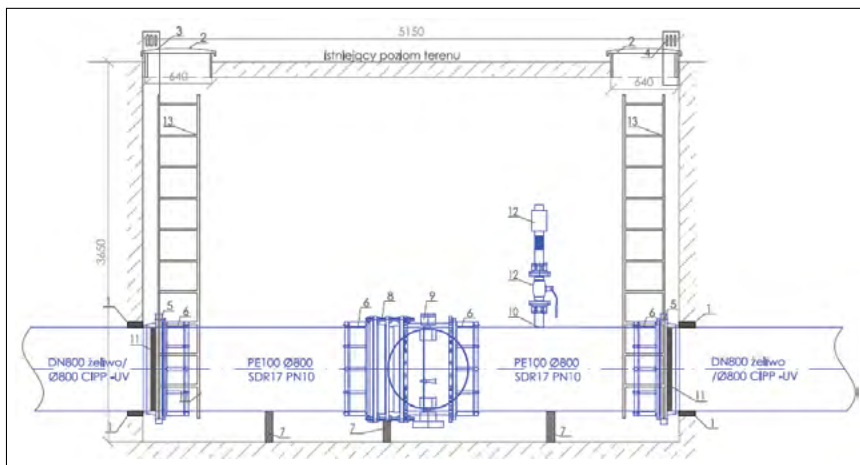
Do czyszczenia zastosowano urządzenie hydrodynamiczne. Do rurociągu

wprowadzono głowicę czyszczącą napędzaną wodą z wozu technicznego. Głowicę wprowadzano poprzez wykop początkowy. Następnie w wykopie docelowym zamontowano sanki czyszczące z dyszami rotacyjnymi. Czyszczenie ścian rury wykonano pod ciśnieniem w zakresie od 1000 do 1500 barów. Następnie zanieczyszczenia oderwane od ścianek rurociągów wyflukane zostały z rurociągu za pomocą specjalnej dyszy.

Inwestycja renowacji istniejącej sieci wodociągowej w mieście B zrealizowana została w całości za pomocą rękawa o nazwie handlowej SearTex – Liner H₂O. SearTex – Liner H₂O to wykładzina GRP utwardzana światłem UV [4]. Rękaw zbudowany jest z szeregu warstw, głównym materiałem konstrukcyjnym jest wykładzina GRP tj. włókno szklane połączone żywicą.

Rozwiązania połączenia rurociągów po renowacji

Do trwałego połączenia rękawa z rurą żeliwną i w celu zapewnienia szczelności połączenia użyto łańcucha uszczelniającego (rys.2 nr 1) oraz manszety zabezpieczającej podrywaniu się rękawa (rys.2 nr 5). Następnie, by połączyć rury z żeliwa szarego, w miejscu wykopu technologicznego z rurą PE100 Ø800, zastosowano kolejno kołnierz specjalny do rur żeliwnych DN800 PN10 oraz kołnierz i tuleję do rur PE DN800 PN10. Na odcinku przedstawionym na rys. 2, zdecydowano się również na montaż przepustnicy kołnierzowej DN800 PN10 (rys. 2 nr 6). Połączenie zrealizowano przy użyciu kołnierza z tuleją do rur PE DN800 PN10. Za przepustnicą, patrząc zgodnie z kierunkiem przepływu,

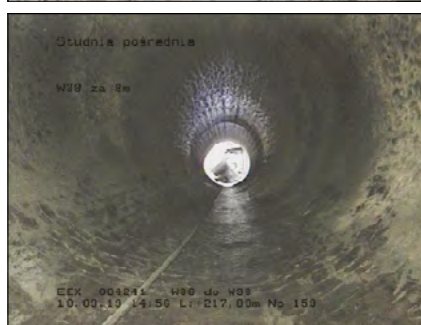
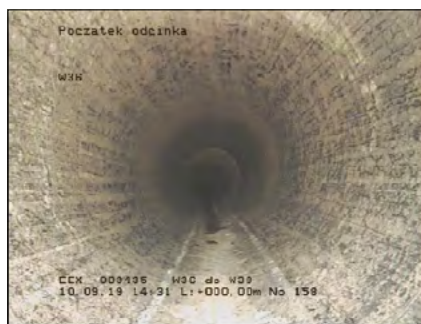


Rys.2.
Przekrój komory technologicznej wraz z rozwiązaniem połączenia rurociągów z żeliwa szarego po renowacji rękawem CIPP UV
Fig.2. The cross-section of the technological chamber with the solution for connecting the gray cast iron pipelines after renovation with the CIPP UV sleeve

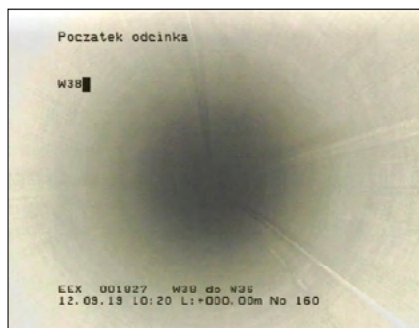
zamontowano kształtkę montażowo-demontażową DN800 PN10, w celu ułatwienia montażu przepustnicy oraz jej ewentualnego demontażu. Połączenie dla rurociągów DN500 wykonano analogicznie jak wyżej, uwzględniając zmianę średnicy.



Fot.5. Inspekcja CCTV rurociągu DN500 z żeliwa szarego – stan przed renowacją i czyszczeniem – uszkodzenie ścianki wewnętrznej
Pic. 5. CCTV inspection of gray cast iron pipeline DN500 – condition before renovation and cleaning. Damage to the inner wall



Fot.6. Inspekcja CCTV rurociągu DN500 z żeliwa szarego – stan po czyszczeniu hydrodynamicznym
Pic. 6. CCTV inspection of the gray cast iron pipeline DN500 – condition after hydrodynamic cleaning



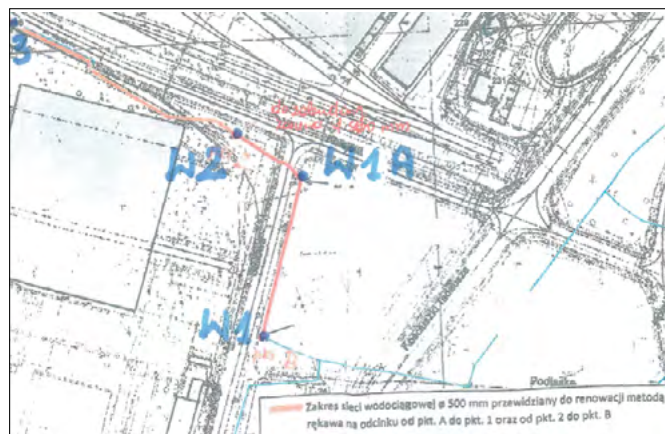
Fot.7. Inspekcja CCTV rurociągu DN500 z żeliwa szarego – stan po renowacji wykładziną CIPP UV
Pic. 7. CCTV inspection of gray cast iron pipeline DN500 – condition after renovation with CIPP UV lining

Analiza struktury sieci w mieście K oraz przedsięwzięć nr 2 i 3

Sieć wodociągowa miasta K to 57,1 km przewodów magistralnych, 708,3 km przewodów rozdzielczych, 295,9 km przyłączy. W sumie przewody te tworzą sieć wodociągową o długości 1061,3 km. Średnice przewodów magistralnych są w zakresie od 350 mm do 800 mm, przewodów rozdzielczych są w zakresie od 90 mm do 350 mm, natomiast średnice przyłączy są w zakresie od 20 mm do 160 mm.

Struktura sieci wodociągowej pod kątem wieku przedstawia się następująco. Powyżej 74% rurociągów, stanowiących przyłącza, jest nie starsza niż 25 lat. Blisko 16% rurociągów ma wiek pomiędzy 26-50 lat, a 9 % ma wiek powyżej 50 lat.

Rys. 3. Fragment mapy do celów projektowych z wodociągiem DN500 stalowym poddanym renowacji oraz z zaznaczeniem miejsc wykonania wykopów technologicznych
Fig. 3. A piece of the map for design purposes with the renovated steel DN500 water pipe and marking the places of technological excavations



Struktura sieci rozdzielczej wg wieku jest zbliżona do struktury przyłączy i kolejno ponad 66% rurociągów jest młodszych niż 25 lat, powyżej 21% rurociągów jest w zakresie wieku 26-50 lat, a blisko 9% ma wiek powyżej 50 lat.

Struktura sieci magistralnej wg wieku przedstawia się następująco. Blisko 56% rurociągów jest młodszych niż 25 lat, powyżej 31% rurociągów jest w zakresie wieku 26-50 lat, a powyżej 12% ma wiek ponad 50 lat.

Struktura sieci wodociągowej według materiałów przedstawia się następująco. Przeważającym materiałem rurociągów rozdzielczych i przyłączy jest polietylen. Blisko 81% rurociągów rozdzielczych oraz powyżej 69% jest wykonana właśnie z tego materiału. Kolejnym przeważającym materiałem jest stal i tak prawie 18% przyłączy, 12% rurociągów rozdzielczych oraz powyżej 46% magistral jest zbudowana właśnie z tego materiału.

Ważnym ze względu na temat pracy jest odnotowanie faktu, że blisko 38% rurociągów magistralnych zostało poddanych renowacji przy użyciu rękawów. Istotnym jest również fakt, że 46% magistral jest wykonana ze stali, co daje możliwość renowacji nie tylko przy użyciu rękawów, ale również metodą cementyzacji.

Analiza przedsięwzięcia nr 2

Przedsięwzięcie nr 2 obejmowało swym zakresem remont sieci wodociągowej w ul. K i ul. S w mieście K za pomocą metody Process Phoenix Double Jacket. Fragment przebiegu rurociągu poddawane renowacji przedstawiono na szkicu (rys. 3).

W ramach tego zadania poddano renowacji sieć wodociągową o parametrach:

- DN500 o długości $L = 402,65$ m, materiał – stal,
- Inwestycja renowacji składała się z wielu istotnych etapów. Przed właściwym

procesem renowacji należało przygotować plac budowy, wykonać wymagane wykopy technologiczne i rozcięcia stalowego rurociągu. Po tych działaniach wykonano czyszczenie rurociągu metodą VacuJet [5].

Wykonano inspekcję CCTV i sporządzono dokumentację filmową. Usunięto



Fot. 8.
Czyszczenie hydrodynamiczne metodą VACUJET – do połysku metalicznego
Pic. 8. Hydrodynamic cleaning with the VACUJET method – to a metallic shine

przetopy spawalnicze i ostre krawędzie rurociągu. Proces renowacji polegał na wprowadzeniu, wklejeniu rękawa oraz utwardzeniu termicznym połączenia klejowego. Odgańlenia z przewodu DN500 zostały otwarte metodą frezowania. Końcowym etapem było wykonanie prób szczelności, dezynfekcji oraz płukania rurociągu.

Maksymalna odległość odcinka roboczego pomiędzy wykopami wynosiła 300 m i uzależniona była od miejscowych warunków, konstrukcji i wymiarów rurociągu.

Przeprowadzony proces czyszczenia rurociągu zapewnił oczyszczenie powierzchni wewnętrznej rurociągu z inkrustacji i produktów korozji, aż do metalicznego połysku. Prace prowadzono w sposób dwukierunkowy z wykopu technologicznego, tym samym odcinki poddane czyszczeniu były dwukrotnie dłuższe niż zasięg węża wysokociśnieniowego. Przy czyszczeniu zastosowano frezy wodne, które składały się z prowadnicy spiralno-obrotowej oraz wymiennych głowic frezujących.

Po procesie czyszczenia dokonano inspekcji CCTV i oceniono stan techniczny, stopień oczyszczenia rurociągu. Dla prawidłowego montażu rękawa istotnym było doprowadzenie powierzchni do metalicznego połysku oraz usunięcie wszelkich przeszkód i ostrych krawędzi w rurociągu. Istotnym elementem inspekcji było również sprawdzenie średnicy rurociągu na całej trasie rurociągu.



Fot. 9.
Przygotowanie do procesu czyszczenia w miejscu wykopu technologicznego
Pic. 9. Preparation for the cleaning process at the technological excavation site

W przedsięwzięciu nr 2 zastosowano metodę renowacyjną polegającą na wprowadzeniu rękawa do rurociągu stalowego DN500. Rękaw wprowadzony został po czyszczeniu oraz po osuszeniu rurociągu, co gwarantowało przyklejenie rękawa do wewnętrznej powierzchni rurociągu. Zastosowaną metodą odwracania tj. wywijania rękawa było wprowadzanie do niego sprężonego powietrza.



Fot. 10.
Inspekcja CCTV rurociągu DN500 stalowego – stan po oczyszczeniu
Pic. 10. CCTV inspection of the steel pipeline DN500 – condition after cleaning

By trwale połączyć rurociąg z rękawem, zastosowano klej na bazie dwuskładnikowej żywicy epoksydowej MaxPox 8 oraz MaxPox 480 [2]. Do procesu utwardzenia kleju zastosowano gorącą parę (ok. 95 °C). Końcowym etapem było ochłodzenie rękawa poprzez wprowadzenie sprężonego powietrza o temperaturze poniżej 50°C. Proces modernizacji kończy wypuszczenie wprowadzonego powietrza.

Rękaw zastosowany podczas przedsięwzięcia to rękaw tkany kolisty z tkaniny poliestrowej. Pokryty co najmniej 1 mm war-



Fot. 11.
Instalacja rękawa
Pic. 11. Sleeve installation



Fot. 12:
Fragment rękawa z widocznymi warstwami tkaniny poliestrowej, polietylenu oraz tkaniny z dodatkami włókna szklanego
Pic. 12: A piece of a sleeve with visible layers of polyester fabric, polyethylene and fabric with the addition of glass fiber

stwą polietylenu oraz wzmocniony dodatkową warstwą tkaniny z dodatkami włókna szklanego. Rękaw zapewnia przenoszenie obciążeń hydrostatycznych na poziomie 1,6 MPa.



Fot. 13:
Inspekcja CCTV rurociągu DN500 stalowego – stan po renowacji
Pic. 13: CCTV inspection of the steel pipeline DN500 – condition after renovation



Fot. 14.
Powstanie fałd na rękawie przy montażu na załamaniu rurociągu
Pic. 14. Formation of folds on the sleeve when



Fot. 15.
Odgańlenie otwarte poprzez frezowanie
Pic. 15. Open branch by milling mounting on the kink of the pipeline

Opis przedsięwzięcia nr 3

Inwestycja renowacji składała się z wielu istotnych etapów. Przed właściwym procesem renowacji należało przygotować plac budowy, wykonać wymagane wykopy technologiczne i rozciąć stalowego rurociągu przy użyciu palników gazowych. Po tych działaniach wykonano czyszczenie hydrodynamiczne rurociągu. Sporządzono dokumentację filmową z inspekcji CCTV. Renowację wykonano metodą cementowania. Cementowano rurociąg przy użyciu narzucarki odśrodkowej (fot.18). Końcowym etapem było wykonanie prób szczelności przy ciśnieniu 7,0 barów, dezynfekcji oraz płukania rurociągu.

Maksymalna odległość odcinka roboczego pomiędzy wykopami wynosiła 280 mb.

Zastosowano czyszczenie hydrodynamiczne z dyszą pracującą pod ciśnieniem 85 MPa (fot.8). Podczas procesu czyszczenia usunięte zostały osady, inkrustacje oraz produkty korozji. Ręczne czyszczenie zastosowano do odgałęzień oraz kompensatorów. Po procesie czyszczenia dokonano inspekcji CCTV i oceniono stan techniczny rurociągu. Na jednym z odcinków zaobserwowano zagięcie na nasuwce kompensacyjnej, które zwiężało światło rury co uniemożliwiłoby przeprowadzenie poprawnego cementowania. Zdecydowano się na wymianę uszkodzonego odcinka. Podczas inspekcji stwierdzano



Fot.16.
Spaw połączeniowy rur stalowych
Pic.16. Welded connection of steel pipes



Fot.17.
Przesunięcia osiowe rur
Pic.17. Axial displacement of the pipes

również przesunięcia osiowe rurociągów (fot. 17). Zwracano szczególną uwagę na stan spawów (fot. 16).

Technologia zastosowana w przedsięwzięciu nr 3

W przedsięwzięciu nr 3 zastosowano metodę renowacyjną polegającą na nałożeniu warstwy cementowej na wewnętrzną ściankę rurociągu magistralnego, stalowego DN600, przy użyciu narzucarki odśrodkowej z napędem elektrycznym (fot.18, 19). Proces cementowania wykonywano również ręcznie, w miejscach niedostępnych dla maszyny. Do sporządzenia zaprawy cementowej użyty został cement portlandzki typu CEM I 32,5 R oraz piasek kwarcowy, płukany, przesiewany o uziarnieniu 0,16-0,60 mm [3].

Prowadzono stałą kontrolę grubości warstwy cementowej, która dla rurociągu stalowego DN600 powinna wynosić 8mm (+/-2mm). Zgodnie z protokołem z badań grubości warstwy powłoki mieściły się w zakresie 8,90 mm – 9,87 mm, zatem grubości były odpowiednie dla średnicy DN600. Na podstawie analizy udostępnionych filmów inspekcyjnych po renowacji; nie zaobserwowano rys ani pustych przestrzeni międzywarstwowych. Powierzchnia cementu była gładka.



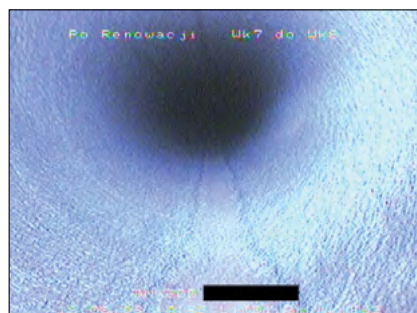
Fot. 18.
Napędzone elektrycznie urządzenie do cementowania z łopatkami wygładzającymi
Pic. 18. Electrically powered cementing machine with smoothing blades



Fot.19.
Głowica w trakcie natryskiwania rury zaprawą cementową
Pic. 19. The head is spraying the pipe with cement mortar



Fot.20.
Wnętrze rurociągu DN600 przed procesem renowacji cementowaniem
Pic. 20. The interior of the DN600 pipeline before the renovation process



Fot.21.
Wnętrze rurociągu DN600 po procesie renowacji cementowaniem
Pic. 21. The interior of the DN600 pipeline after the renovation process – cement

Rurociąg, dla którego przeprowadzono renowację to rurociąg stalowy DN600 o długości 3309 m.

Analiza kosztów renowacji dla przedsięwzięć nr 1, 2 i 3

Analizę i zestawienia kosztów wykonano na podstawie kosztorysów i protokołów odbiorczych przedstawionych w tabelach 2 – 4.

Całkowity koszt przedsięwzięcia nr 1 wyniósł 4 099 489,88 zł i uwzględniono w nim prace renowacyjne w technologii wykładziny CIPP UV (SearTex – Liner H₂O) wraz z wszelkimi pracami niezbędnymi do wykonania prac renowacyjnych oraz koszty dezynfekcji i płukania. Prace renowacyjne rurociągów stalowych DN800 oraz DN500 kosztowały łącznie 4 091 362 zł, natomiast płukanie i dezynfekcja 7 490,12 zł oraz 637,76 zł kolejno dla rurociągów DN800 oraz DN500.

Ceny jednostkowe przedstawiały się następująco. Cena renowacji 1 mb rurociągu DN800 wynosiła 1760,00 zł. Cena renowacji 1 mb rurociągu DN500 wynosiła 1100,00 zł. Cena dezynfekcji i płukania odcinka 200m rurociągu DN800 wynosiła 680,92 zł. Cena dezynfekcji i płukania odcinka 200m rurociągu DN500 wynosiła 318,88 zł.

Tabela 2. Koszty przedsięwzięcia nr 1
Table 2. Costs of project no. 1

Lp	Kompletna renowacja rurociągu DN800 w technologii wykładziny CIPP utwardzanej promieniami UV wraz z wszelkimi pracami niezbędnymi do prawidłowego wykonania prac na odcinkach:	Jednostka przedmiarowa	długość	Cena jednostkowa [zł]	Wartość [zł]
1	W1-K2	m	164,4	1 760,00	289 344,00
2	K2-K3	m	62,8	1 760,00	110 528,00
3	K3-W8	m	118,1	1 760,00	207 856,00
4	W9-K4	m	77,9	1 760,00	137 104,00
5	K4-K5	m	57,5	1 760,00	101 200,00
6	K5-K6	m	30,1	1 760,00	52 976,00
7	K6-K7	m	717,9	1 760,00	1 263 504,00
8	K7-K8	m	69,3	1 760,00	121 968,00
9	K8-K9	m	481,6	1 760,00	847 616,00
10	K9-K10	m	149	1 760,00	262 240,00
11	K10-W38	m	235,1	1 760,00	413 776,00
12	W39-K1	m	68,7	1 100,00	75 570,00
13	K1-W42	m	144,8	1 100,00	159 280,00
14	W16-W19	m	44	1 100,00	48 400,00
Kompletna renowacja rurociągu DN800 oraz DN500 w technologii wykładziny CIPP utwardzanej promieniami UV wraz z wszelkimi pracami niezbędnymi do prawidłowego ich wykonania				suma	4 091 362,00
Lp	Dezynfekcja i płukanie sieci wodociągowej	Jednostka przedmiarowa	liczba	Cena jednostkowa [zł]	Wartość [zł]
1	Dezynfekcja i płukanie sieci wodociągowej o śr. 800 mm	odc.200m	11	680,92	7 490,12
2	Dezynfekcja i płukanie sieci wodociągowej o śr. 500 mm	odc.200m	2	318,88	637,76
Dezynfekcja i płukanie sieci wodociągowej o śr. 800 mm i o śr.500 mm.				suma	8 127,88
Kompletna renowacja rurociągu DN800 oraz DN500 w technologii wykładziny CIPP utwardzanej promieniami UV wraz z wszelkimi pracami niezbędnymi do prawidłowego ich wykonania oraz kosztami dezynfekcji i płukania sieci wodociągowej					4 099 489,88

Tabela 3. Koszty przedsięwzięcia nr 2
Table 3. Costs of project no. 2

Zestawienie kosztów renowacji rurociągów DN500 stalowego w technologii Process Phoenix						
Lp	Nazwa rodzaju robót lub asortymentów	Jednostka przedmiarowa	Ilość/ przelicznik wykonawcy	Cena jednostkowa [zł]	Wartość [zł]	
Protokół częściowego odbioru wykonanych robót nr 1						
1	Remont sieci wodociągowej w ulicy K i S w Katowicach	m	246	975,00	239 850,00	
					suma	239 850,00
Protokół częściowego odbioru wykonanych robót nr 2						
2	Remont sieci wodociągowej w ulicy K i S w Katowicach	m	156,65	975,00	152 733,75	
					suma	152 733,75
koszt całego przedsięwzięcia					392 583,75	

Całkowity koszt przedsięwzięcia nr 2 wyniósł 392 583,75 zł i uwzględniono w nim prace renowacyjne w technologii Process Phoenix Double Jacket. Rurociągiem poddawany renowacji był rurociąg stalowy DN500. Cena renowacji 1 mb rurociągu DN500 wynosiła ok. 975,00 zł.

Całkowity koszt przedsięwzięcia nr 3 wyniósł 2 703 078,96 zł i uwzględniono w nim prace renowacyjne rurociągu stalowego DN600 w technologii cementowania. W łącznym koszcie uwzględniono również dostawę i zgrzewanie rur PE100, wykonanie prac projektowych, projektu organizacji ruchu, zezwoleń, pozwoleń i uzgodnień, roboty towarzyszące renowacji, wykonanie

Tabela 4. Kosztorys przedsięwzięcia nr 3
Table 4. Costs of project no. 3

Zestawienie kosztów przeprowadzenia renowacji rurociągu stalowego DN600 w technologii cementowania						
Lp	Nazwa rodzaju robót lub asortymentów	Jednostka przedmiarowa	Ilość/przelicznik wykonawcy	Cena jednostkowa [zł]	Wartość [zł]	
Protokół częściowego odbioru wykonanych robót nr 1						
1	Wykonanie dostawy i zgrzewania rur PE100 De160 PN10, prace przygotowawcze	-	-	-	50 000,00	
2	Wykonanie prac projektowych, projektu organizacji ruchu, zezwoleń, pozwoleń, uzgodnień	-	-	-	200 000,00	
					suma	250 000,00
Protokół częściowego odbioru wykonanych robót nr 2						
1	Renowacja wodociągu DN600	m	350	412,96	144 536,00	
2	Roboty towarzyszące	-	33%	1 582 404	522 193,32	
					suma	666 729,32
Protokół częściowego odbioru wykonanych robót nr 3						
1	Renowacja wodociągu DN600	m	1409	412,96	581 860,64	

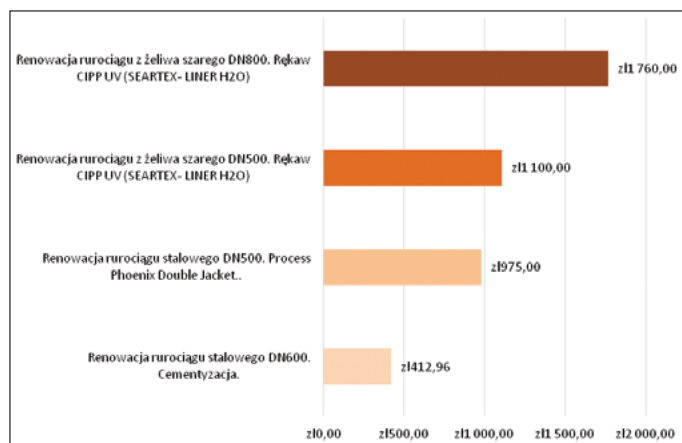
2	Wykonanie wodociągu tymczasowego	-	-	-	100 000,00
				suma	681 860,64
Protokół częściowego odbioru wykonanych robót nr 4					
1	Renowacja wodociągu DN600	m	1550	412,96	640 088,00
2	Modernizacja armatury	-	43%	160 000,00	68 800,00
3	Roboty towarzyszące	-	25%	1 582 404	395 601,00
				suma	1 104 489,00
				koszt całego przedsięwzięcia	2 703 078,96

rurociągów tymczasowych, modernizację armatury. Prace renowacyjne rurociągu DN600 wraz z robotami towarzyszącymi kosztowały łącznie 2 284 278,96 zł, co stanowiło blisko 85% kosztu całego przedsięwzięcia. Cena renowacji 1 mb rurociągu DN600 wynosiła 412,96 zł.

Całkowite koszty wszystkich poddanych analizie przedsięwzięć zestawiono w tabeli 5. Na wykresie (rys. 4) zestawiono ceny jednostkowe renowacji przypadające na 1mb rurociągów.

Tabela 5. Całkowite koszty przedsięwzięć nr 1, 2, 3
Table 5. Total costs of project no. 1, 2, 3.

Lp	Zakres przedsięwzięcia	Całkowity koszt przedsięwzięcia
Przedsięwzięcie nr 1 w mieście B	Renowacja magistrali wodociągowej DN800 od Stacji Uzdatniania Wody do ul. A1 wraz z renowacją wodociągu DN500 i komory na odcinku od hali odżelaziaczy do granicy działki Ujęcia Wody	4 099 489,88 zł
Przedsięwzięcie nr 2 w mieście K	Remont sieci wodociągowej DN500 w ul. K i ul. S w mieście za pomocą metody Process Phoenix Double Jacket	392 583,75 zł
Przedsięwzięcie nr 3 w mieście K	Modernizacja wodociągu DN600 mm od studni A2 do wysokości osiedla B w mieście K. metodą cementowania	2 703 078,96 zł



Rys 4. Cena wykonania renowacji 1mb rurociągu przy zastosowaniu metod użytych w przedsięwzięciach nr 1, 2, 3 Fig. 4. Price for the renovation of 1 running meter of the pipeline using the methods used in projects no. 1, 2, 3

Ogólna ocena metod renowacji sieci wodociągowej zastosowanych w przedsięwzięciach

1. Proces renowacji przewodów wodociągowych składa się z kilku ważnych etapów. Każdy z nich należy wykonać w sposób prawidłowy, by przeprowadzona renowacja w efekcie przyniosła oczekiwane rezultaty. Etapy projektowe, wykonawcze oraz odbiorowe procesu renowacji są równie ważne dla finalnej poprawy właściwości hydro-

licznych, wytrzymałościowych rurociągu oraz dla poprawy lub utrzymania dobrej jakości wody przeznaczonej do spożycia.

2. Jednym z bardziej istotnych etapów jest wybór metody czyszczenia oraz zrealizowanie go już na etapie wykonawczym. W przedsięwzięciach nr 1, 2, 3 zastosowano procesy czyszczenia hydrodynamicznego do usunięcia osadów i inkrustacji z rurociągów. Czyszczenie przed procesem narzucania ce-

zące, urządzenia inspekcyjne, narzucarkę w przypadku cementowania lub rękawów. Same jednak renowacje prowadzone były bezwykopowo. Przy użyciu metody Seartex maksymalny bezwykopowy odcinek renowacyjny wynosił 300 m, dla rękawa Process Phoenix Double Jacket 250 m, a dla metody wykładziny cementowej ok. 500 m. Miało to istotne znaczenie, gdyż przedsięwzięcia wykonywane były w większości w centrach miast. Zastosowane technologie pozwoliły na zredukowanie uciążliwości dla mieszkańców związanych z procesem renowacji, w niskim stopniu wpływały one na płynność ruchu ulicznego, zredukowano uszkodzenia nawierzchni np. trawników, chodników czy dróg.

4. W przedsięwzięciach nr 1, 2, 3 istotną rolę pełniła inspekcja CCTV, pozwalająca określić stan techniczny rurociągu przed renowacją oraz poprawność wykonania renowacji.

5. Wszystkie omawiane technologie tj. proces wykładziny cementowej, jak i zastosowanie rękawów Seartex – Liner H₂O i Phoenix Double Jacket pozwoliły na stworzenie gładkich wewnętrznych powierzchni ścian rurociągów. Zostały poprawione właściwości hydrauliczne rurociągów.

6. Zastosowanie technologii cementowania oraz rękawów Seartex – Liner H₂O i Phoenix Double Jacket zapewniło szczelność rurociągów, co pozwoliło na wyeliminowanie strat wody w systemie. Pozytywnym efektem zastosowania wyżej wymienionych technologii jest zapobieganie powstawaniu inkrustacji oraz ochrona antykorozyjna. Wykonane próby ciśnieniowe potwierdziły, że zastosowane technologie zapewniają pełną wytrzymałość rurociągów na ciśnienie wewnętrzne.

7. Zgodnie z analizą wyników badań fizykochemicznych oraz mikrobiologicznych wody po wykonanych renowacjach metodami Process Phoenix Double Jacket oraz cementowania nie stwierdzono przekroczeń dopuszczalnych wartości lub zakresów parametrów jakościowych i ilościowych wody.

mentu odbywało się przy ciśnieniu 85 MPa. Do czyszczenia przed użyciem rękawa Seartex – Liner H₂O ciśnienie wody było z zakresu 100-150 MPa. Do czyszczenia przed użyciem rękawa Process Phoenix Double Jacket ciśnienie wody dochodziło do wartości 260 MPa, po to by uzyskać powłokę metaliczną wewnątrz rurociągu.

3. W każdym przedsięwzięciu należało wykonać odpowiednią liczbę wykopów technologicznych, tak by można było wprowadzić urządzenia czysz-

Przeprowadzenie renowacji zmniejsza ryzyko wtórnego zanieczyszczenia, poprawia również stan bakteriologiczny wody w sieci wodociągowej.

8. Ceny wykonania renowacji 1 mb rurociągu z żeliwa szarego DN800 i DN500 przy użyciu rękawa CIPP UV (Seartex – Liner H₂O) wyniosły 1760 zł oraz 1100 zł. Cena wykonania renowacji 1 mb rurociągu stalowego DN500 przy zastosowaniu procesu Phoenix Double Jacket wyniosła 975 zł. Cena wykonania renowacji 1 mb rurociągu stalowego DN600 przy zastosowaniu wykładziny cementowej wyniosła 412,96 zł. Zatem porównywalne koszty realizacji inwestycji można ponieść przy zastosowaniu metod CIPP UV (Seartex – Liner H₂O) oraz Process Phoenix Double Jacket.
9. Analiza struktury sieci wodociągowej miasta K dostarcza między innymi informacje, że powyżej 12% wszystkich

rurociągów sieci wodociągowej ma wiek ponad 50 lat. Jest to niewielki procent w porównaniu do innych miast Polski, gdzie według raportu Najwyższej Izby Kontroli w znacznej liczbie miast Polski ponad 50% długości sieci wodociągowych stanowią przewody funkcjonujące dłużej niż 50 lat. Niemniej jednak istotne są dalsze intensywne prace renowacyjne w mieście K oraz w Polsce, tym bardziej że, jak przedstawiono powyżej renowacje sieci wodociągowych niosą za sobą szereg korzyści technicznych, ale przede wszystkim zapewniają transport wody do picia do odbiorców, bez utraty jej jakości.

BIBLIOGRAFIA

[1] Kuliczkowski A i in., *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*, Wydawnictwo Seidel – Przywecki, 2010.

- [2] Pietryja C., *Process Phoenix – nowoczesny sposób renowacji wodociągów*, Inżynieria Bezwykopowa, nr 3/ 2005.
- [3] Dąbrowski W, Głód K, *Cementowanie Rurociągów*, *Chemia Przemysłowa*, nr 4/2011.
- [4] Szafraniec R., *Saertex multiCom®: Nowoczesne technologie rękawów renowacyjnych*, Inżynieria Bezwykopowa, nr 2/2020.
- [5] Kowalski, D. i in., *Charakterystyka wybranych metod płukania i czyszczenia przewodów wodociągowych*, *Ochrona Środowiska*, nr 2/2012.
- [6] Britnell G., *Emergency Watermain repair requires trenchless approach*, *Trenchless technology magazine*, August 2021.
- [7] Gorczowski W. Piechurski F. *Porównanie wybranych technologii bezwykopowych w renowacji i rekonstrukcji sieci wodociągowej tranzytowej DN 600*. Instal 4 (428)/2021s.36-43 DOI 10.36119/15.2021.4.5.
- [8] Szymoniak A. Piechurski F. *Ocena ekonomiczna renowacji, wymiany lub budowy w wykopie i wybranymi metodami bezwykopowymi sieci wodociągowych*. Instal 11 (434)/2021 s.45-52 DOI 10.36119/ 15.2021.11.6.
- [9] NIK, *Informacja o wynikach kontroli – Utrzymanie i eksploatacja sieci wodociągowych w miastach*, nr ewid. 196/2017/P/17/048/KSI.