

Przepustowość przewodów kanalizacyjnych poddanych renowacji na przykładzie wybranych technologii

Redukcja przekroju nie zawsze oznacza zmniejszenie przepustowości

Andrzej Kuliczkowski*, Piotr Dańczuk**

Uwagi wstępne

Konieczność odnawiania istniejących sieci kanalizacyjnych jest naturalnym następstwem ich ciągłej eksploatacji i tym samym starzenia się. Dodatkowymi czynnikami wymuszającymi ich odnowę mogą być także błędy popełnione na etapie projektu lub wykonawstwa, zła jakość użytych materiałów czy też rozbudowa osiedli i miast.

Dobór odpowiedniej technologii odnowy jest zagadnieniem interdyscyplinarnym. Od poddanego renowacji przewodu, tak jak od nowo wybudowanego, oczekuje się długotrwałej i bezawaryjnej pracy. To z kolei narzuca konieczność przeprowadzenia dokładnych analiz odnoszących się m.in. do aspektów statyczno-wytrzymałościowych, materiałowych, zagadnień hydrogeologicznych, a także parametrów hydraulicznych gwarantujących uzyskanie odpowiedniej przepustowości oraz wielu innych.

Poniższe opracowanie dotyczy kwestii związanych ze zmiennością parametrów hydraulicznych przewodów kanalizacyjnych, jako nieuniknionych następstw przeprowadzanych prac renowacyjnych. W tym celu została przedstawiona analiza hydrauliczna przykładowego odcinka grawitacyjnego kołowego przewodu kanalizacyjnego poddanego renowacji za pomocą dwóch różnych metod bezwykopowych. Pierwszą z nich jest długi Relining z rur PE zgrzewanych na powierzchni terenu jako przykład technologii nieciasnopasowanej, a drugą technologia U-Liner z grupy metod ciasnopasowanych, wykonywana także z użyciem rur PE.

Przedstawiona metodyka obliczeń została oparta o wytyczną ATV-DVWK – A110P *Wytyczne do hydraulicznego wymiarowania i sprawdzania wydajności kanałów i przewodów ściekowych* [1], która zawiera zebrane doświadczenia oraz wyniki badań niemieckich odnoszące się do: opracowania metod obliczeniowych do wymiarowania kanałów zamkniętych i koryt otwartych; opracowania zasad obliczania przewodów o częściowym napełnieniu; szczegółowego przedstawienia sposobu obliczania hydraulicznych strat miejscowych; przedstawienia granic, w obrębie których można stosować przybliżone metody obliczeniowe; wskazówek dotyczących rozpatrywania licznych przypadków szczególnych.

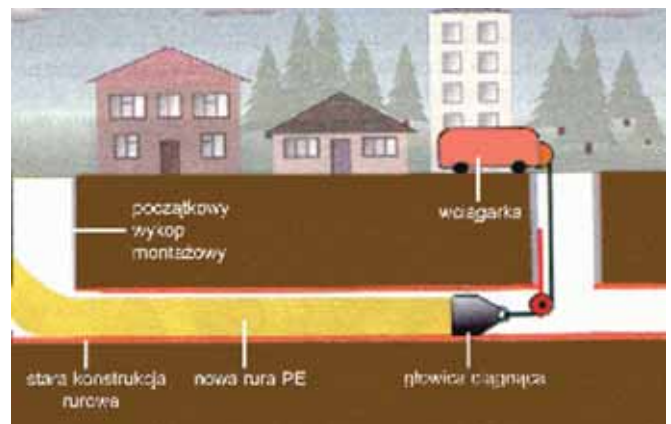
Stany i warunki występujące w kanałach podczas przepływu zostały opisane w wytycznej na podstawie wyników badań Prandtla i Colebrooka. Wytyczna zawiera także przegląd metod obliczeniowych stosowanych w innych krajach, jak również odnosi się do zagadnień specjalnych, dotyczących np. hydraulicznego obliczania syfonów, dławików czy urządzeń regulacyjnych. Zastosowane oznaczenia i pojęcia są w większości przypadków zgodne z ustaleniami norm DIN 4044 [2] i DIN 4045 [3].

Opis analizowanych technologii

Technologie bezwykopowe, stanowiące alternatywę dla metod tradycyjnych (prowadzonych w wykopach), ze względu na szereg zalet technologicznych i ekonomicznych [4] są obecnie, zgodnie ze światowymi trendami, powszechnie stosowane także w Polsce. Szybki rozwój tych technologii w naszym kraju rozpoczął się na początku ostatniej dekady XX w., głównie z uwagi właśnie na ich liczne zalety, takie jak: minimalizacja robót ziemnych w porównaniu z tradycyjnymi metodami; znacznie mniejsza uciążliwość dla środowiska naturalnego, oszczędność materiałów i brak odpadów (stare rury pozostają w gruncie), brak lub tylko minimalne utrudnienia komunikacyjne, brak robót odwodnieniowych, nieuciążliwość dla otoczenia i okolicznych mieszkańców, wysokie tempo robót przy należytej jakości, możliwość odnawiania jednorazowo długich odcinków.

Bezwykopowe technologie odnowy umożliwiają w zależności od potrzeb wymianę całych odcinków starych przewodów, naprawę uszkodzeń punktowych oraz renowację polegającą na zainstalowaniu w starych przewodach bez ich niszczenia nowych powłok wykładzinowych lub nośnych.

Metody polegające na wprowadzaniu do starych przewodów nowych rur wiążą się jednak z redukcją ich przekroju poprzecznego, co przekłada się z kolei na zmianę ich przepustowości. Z tego względu na potrzeby niniejszego opracowania analizie zostaną poddane dwie różne technologie, wykorzystujące rury polietylenowe, ale powodujące zróżnicowaną redukcję przekroju starego przewodu.



Rys. 1. Schemat przebiegu renowacji metodą długiego Reliningu [6]

Długi Relining (rys. 1) polega na wprowadzeniu do przewodu kanalizacyjnego poddanego renowacji nowej rury polietylenowej. Rurę taką na ogół przygotowuje się na placu budowy poprzez zgrzewanie doczołowe krótszych odcinków aż do uzyskania długości nowej rury, niezbędnej do przeciągnięcia jej pomiędzy dwoma wykopami montażowymi. W celu umożliwienia wciągnięcia nowej rury na jej przodzie montuje się głowicę ciągnącą, która przenosi siły z wciągarki. Wymiary wykopów montażowych uzależnione są głównie od głębokości posadowienia kanału, średnicy i grubości wciąganej rury, a także warunków klimatycznych, w jakich mają być prowadzone prace montażowe. Często przestrzeń pomiędzy starą a nową rurą wypełniana jest specjalną masą iniekcyjną, która zabezpiecza przed zawaleniem się starego rurociągu, chroni nowy rurociąg przed wyporem przez wodę gruntową, a także wypełnia wolne przestrzenie wokół kanału, które często powstają wskutek infiltracji. Dużo uwagi należy poświęcić odpowiedniemu przygotowaniu procesu renowacji. W tym celu powinno się przeprowadzić inspekcję tv starego kanału oraz oczyścić go i usunąć wystające do wnętrza ostre krawędzie. W tej technologii można jednorazowo poddawać renowacji odcinki kanałów o długości do ok. 700 m i średnicach 80÷3000 mm.



Rys. 2. Schemat przebiegu renowacji metodą U-Liner [6]

Metoda typu U-Liner (rys. 2) polega na wprowadzeniu do przewodu poddawanej renowacji rury polietylenowej o zredukowanym przekroju poprzecznym do kształtu litery U, a następnie przywróceniu jej do pierwotnego wymiaru i tym samym ścisłym dopasowaniu nowej rury do wnętrza odnawianego przewodu. Rury takie mogą w pełni zastępować nośność odnawianego przewodu lub tylko częściowo wzmocnić jednocześnie go doszczelniając. Tzw. U-Linery (U-Liner, Polyfold, Compact-Pipe, Omega-Liner itp.) są dostarczane na plac budowy nawinięte na bębny lub deformowane są bezpośrednio przed wprowadzeniem do kanału. Ich długości zależne są od średnic. Im mniejsza jest średnica rury, tym dłuższy jest odcinek rury nawiniętej na bębnie. W przypadku większych średnic rury mogą być także zgrzewane na placu budowy z krótszych odcinków. Redukcję przekroju poprzecznego rury PE uzyskuje się w wyniku obróbki termiczno-mechanicznej, zaginając ją na części obwodu do środka w taki sposób, że po deformacji kształt przekroju rury przypomina literę C, U lub Ω , zależnie od jej położenia w kanale. Dzięki takiej zmianie kształtu, przekrój poprzeczny rury redukuje się najczęściej o ok. 25÷35%. Rura o tak zmienionym kształcie jest łatwiejsza do wciągnięcia do starego przewodu, a sam proces instalacji wymaga wykonania znacznie mniejszych wykopów montażowych niż w przypadku technologii długiego Reliningu. Rura o zredukowanym przekroju wykazuje także w płaszczyźnie fałdy większą elastyczność i w związku z tym może być wyginana na znacznie mniejszym promieniu niż standardowa rura PE. Po zainstalowaniu nowej rury w starym przewodzie i zaślepieniu obu końców przeprowadza się proces rewersji, czyli przywracania rurze pierwotnego kształtu. Polega on na doprowadzaniu do wnętrza rury gorącej pary, która aktywuje efekt pamięci kształtu. W fazie chłodzenia doprowadzane jest także sprężone powietrze, które dociska rurę polietylenową do ścianek starego rurociągu, gwarantując uzyskanie efektu ciasnego jej dopasowania się do wewnętrznej powierzchni odnawianego kanału. Istotną kwestią, mającą wpływ na poprawną instalację nowej rury PE tą metodą jest zachowanie ścisłych wymagań co do parametrów prowadzenia procesu oraz tak jak w przypadku długiego Reliningu odpowiednie przygotowanie starego przewodu do renowacji, poparte inspekcją tv. Technologia ta z reguły jest najczęściej stosowana w zakresie średnic 100÷1200 mm.

Metodyka obliczeń

Przystępując do analizy hydraulicznej należy w pierwszej kolejności ustalić niezbędne parametry wyjściowe dotyczące stanu technicznego kanału przed jego renowacją. Na potrzeby niniejszego opracowania zostały przyjęte następujące przykładowe założenia w stosunku do wymagającego renowacji przewodu kanalizacyjnego:

- materiał rur kanalizacyjnych – beton
- przyczyna renowacji – utrata nośności konstrukcji kanałowej wskutek wystąpienia pęknięć podłużnych rur oraz korozja wewnętrzna
- średnica wewnętrzna kanału – DN 400
- długość pojedynczej rury – 1 m
- długość rozpatrywanego odcinka – 50 m
- liczba typowych studzienek kanalizacyjnych na trasie kanału – 2 szt.
- liczba przykanalików – 7 szt.
- średnica wewnętrzna przykanalików – DN 150
- chropowatość bezwzględna – 2,5 mm (wg [5])
- przepływ ścieków – 250 dm³/s
- efektywna wielkość przekroju w świetle – 95%

Dodatkowo w celu przeprowadzenia analizy hydraulicznej kanału po jego renowacji należy ustalić nowe dane, które zależą od rodzaju wybranej technologii. W przypadku założonej renowacji kanału o wyżej podanych parametrach metodą długiego Reliningu za pomocą rur PE będą się one przedstawiały następująco:

- średnica zewnętrzna użytych rur PE 80 – DN 355
- grubość ścianki użytych rur PE 80 – 13,6 mm
- średnica wewnętrzna kanału po renowacji – 327,8 mm
- długość pojedynczej rury – 12,5 m
- chropowatość bezwzględna – 0,1 mm (wg [1])

Natomiast przy zastosowaniu metody typu U-Liner powyższe dane będą przedstawiały się następująco:

- średnica zewnętrzna użytych rur PE80 – DN 400
- grubość ścianki użytych rur PE80 – 15,4 mm
- średnica wewnętrzna kanału po renowacji – 369,2 mm
- długość pojedynczego odcinka rury – 50 m
- chropowatość bezwzględna – 0,1 mm (wg [1])

Pozostałe parametry odnoszące się do stanu kanału przed renowacją w przypadku obydwu technologii pozostają bez zmian.

Pierwszą wielkością, którą oblicza się w oparciu o średnicę wewnętrzną kanału i natężenie przepływających ścieków jest prędkość przepływu, która w przypadku starego kanału wyniesie 2,21 m/s, a w przypadku długiego Reliningu i metody U-Liner odpowiednio 2,96 m/s i 2,34 m/s.

Znając prędkość przepływu należy następnie ustalić liczbę Reynoldsa, przyjmując odpowiednią wartość lepkości kinematycznej, którą według [1] dla ścieków należy przyjmować na poziomie $1,31 \times 10^{-6}$ m²/s. Obliczona dzięki temu liczba Reynoldsa wyniesie dla kanału przed renowacją $6,40 \times 10^5$ oraz $7,42 \times 10^5$ i $6,58 \times 10^5$ po renowacji technologiami w kolejności jak wyżej.

Następnie przekształcając równanie Prandtla-Colebrooka ze względu na chropowatość bezwzględną „k”, której wartość jest znana, oblicza się bezwymiarowy współczynnik liniowych oporów hydraulicznych λ . Jego wartość dla kanału przed renowacją w rozpatrywanym przykładzie wyniesie 0,0332, a dla kanału po renowacji za pomocą metody długiego Reliningu 0,0160 i 0,0158 za pomocą metody U-Liner.

W dalszym toku obliczeń należy wyznaczyć współczynniki strat lokalnych, które wynikają z:

- niedokładności ułożenia i zmian wzajemnego położenia przewodów (ζ_L)
- styków i połączeń rur (ζ_{Sty})
- kształtek przyłączeniowych (ζ_Z)
- typowych studzienek kanalizacyjnych zgodnych z wytyczną ATV – A241 (ζ_{tsr})

Dla rozpatrywanego przykładu współczynnik strat dla pojedynczego złącza rur w przypadku kanału przed renowacją, odczytywany w zależności od średnicy kanału, wynosi 0,012, co dla wszystkich złączy występujących na całej długości odcinka da wartość 0,588. W przypadku długiego Reliningu dla pojedynczego złącza będzie to wartość 0,014, a dla całego odcinka 0,042. W przypadku metody U-Liner wartość tego współczynnika wyniesie zero, ze względu na instalację w tej technologii ciągłej rury na całej długości odcinka i tym samym wyeliminowanie złączy. Współczynnik strat dla styków rur, którego wartość odczytuje się również w zależności od średnicy, wyniesie dla kanału przed renowacją dla pojedynczego styku 0,004, a więc dla wszystkich styków na całej długości kanału będzie to 0,196. Dla kanału po renowacji metodą długiego Reliningu współczynnik ten dla pojedynczego styku będzie miał wartość 0,006 i odpowiednio 0,018 dla wszystkich styków. W przypadku metody U-Liner ze względu na brak złączy, a więc i styków, współczynnik ten przyjmie wartość zerową. Kolejny współczynnik wymagający uwzględnienia w rozpatrywanym przykładzie odnosi się do kształtek przyłączeniowych występujących w miejscach włączenia przykanalików. Wartość odczytywanego współczynnika zależy od stosunku średnicy przykanalika do średnicy kanału do którego jest on włączony. Po uwzględnieniu siedmiu występujących w przykładzie przykanalików wartość tego współczynnika przyjmie następujące wartości: dla kanału przed renowacją 0,049, po renowacji metodą długiego Reliningu 0,077 i dla metody U-Liner tak jak dla stanu pierwotnego 0,049. Ostatnim współczynnikiem odnoszącym się do strat lokalnych jaki należałoby uwzględnić w rozpatrywanym przykładzie, jest współczynnik strat dla studzienek kanalizacyjnych. Przyjęte zostały dwie studzienki typowe, czyli takie, w których górne krawędzie spoczników znajdują się na wysokości wierzchołków przewodów odprowadzających ścieki. Wartość tego współczynnika jest odczytywana w zależności od stosunku średnicy studzienki do średnicy kanału. W przypadku kanału przed renowacją wyniesie on 0,240, a po renowacji 0,280 oraz 0,260 odpowiednio dla metod długiego Reliningu i U-Liner.

Po ustaleniu wartości wszystkich współczynników strat lokalnych sumuje się je w jeden zbiorczy współczynnik strat lokalnych, który dla kanału przed renowacją wyniesie 1,073, a po renowacji metodą długiego Reliningu 0,417 oraz 0,309 metodą U-Liner.

W dalszej kolejności należy obliczyć na podstawie współczynnika liniowych oporów hydraulicznych oraz sumarycznego współczynnika strat lokalnych tzw. eksploatacyjny współczynnik oporów hydraulicznych λ_b , uwzględniający wszystkie wyliczone wcześniej współczynniki strat. Wartość tego współczynnika dla kanału przed poddaniem go renowacji będzie więc wynosiła 0,0414, po przeprowadzonej renowacji metodą długiego Reliningu 0,0187 oraz 0,0181 metodą U-Liner.

Mając wyznaczony eksploatacyjny współczynnik oporów hydraulicznych oblicza się następnie z równania Prandtla-Colebrooka chropowatość eksploatacyjną k_b , która wyraża łączne straty liniowe i miejscowe występujące przy przepływie, rozłożone na całej długości odcinka. W rozpatrywanym przykładzie chropowatość ta przybierze następujące wartości: 4,88 mm dla kanału przed renowacją, 0,24 mm po renowacji metodą długiego Reliningu oraz 0,22 mm dla kanału po renowacji metodą U-Liner.

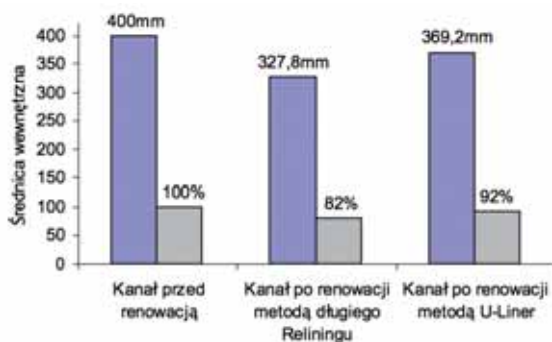
W celu obliczenia przepustowości kanału po renowacji należy wcześniej wyznaczyć jeszcze spadek linii energii na skutek oporów przy przepływie J_E . Przy znanym eksploatacyjnym współczynniku oporów hydraulicznych spadek linii energii wyniesie 26,98‰ dla stanu przed renowacją oraz 25,59‰ i 13,63‰ po renowacji przeprowadzonej odpowiednio metodami długiego Reliningu i U-Liner.

W ostatnim etapie oblicza się przepustowość kanału. Poddając rozpatrywany kanał renowacji metodą długiego Reliningu, jego przepustowość wyniesie 256,72 dm³/s, natomiast po zastosowaniu technologii U-Liner będzie to 351,79 dm³/s, przy przepustowości kanału przed renowacją równej 250 dm³/s.

Porównanie wyników

Otrzymane wyniki analizy hydraulicznej pozwalają ocenić straty powstające przy przepływie ścieków oraz przepustowość kanału po jego renowacji w stosunku do stanu pierwotnego.

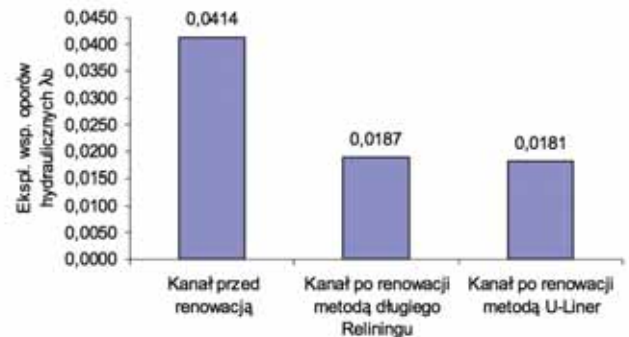
Bardzo istotnym parametrem jest redukcja średnicy wewnętrznej kanału, która w znaczącym stopniu wpływa na jego parametry hydrauliczne. Jej wartość jest ściśle związana z warunkami technicznymi technologii zastosowanej do renowacji kanału i poprzedzającymi analizę hydrauliczną obliczeniami statyczno-wytrzymałościowymi prowadzającymi do obliczenia wymaganej minimalnej grubości ścianki nowej konstrukcji. Na rysunku nr 3 przedstawiono redukcję średnicy kanału przyjętą na potrzeby analizowanego przykładu w zależności od zastosowanej technologii renowacyjnej.



Rys. 3. Średnica wewnętrzna kanału przed i po jego renowacji

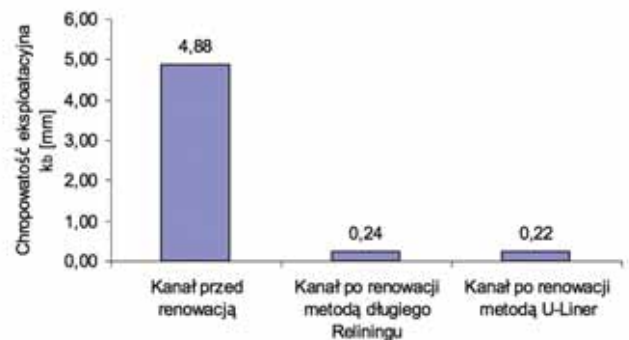
Istotnym parametrem w odniesieniu do oporów hydraulicznych występujących przy przepływie w kanałach zamkniętych, a tym samym mającym wpływ na ich przepustowość, jest eksploatacyjny współczynnik oporów hydraulicznych λ_b . Jego wartość zawiera zebrane razem wszystkie współczynniki strat, jest więc tym samym uzależniona od wartości współczynnika liniowych oporów hydraulicznych i sumarycznego współczynnika strat miejscowych. Na rysunku 4 pokazano wartość współczynnika λ_b dla kanału przed poddaniem go renowacji i po niej.

Powszechnie do obliczeń hydraulicznych przyjmuje się ogólne wartości szorstkości eksploatacyjnej k_b . W zależności od rodzaju



Rys. 4. Wartości eksploatacyjnego współczynnika oporów hydraulicznych kanału przed i po renowacji

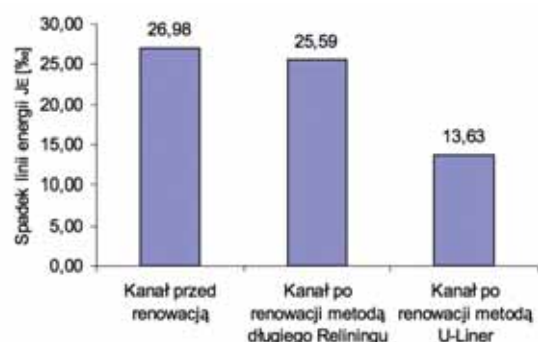
kanałów można przyjmować jej przybliżone wartości dostępne w literaturze, bez konieczności wykonywania dodatkowych obliczeń sprawdzających. W przedstawionym przykładzie zastosowano jednak indywidualny tok wyznaczania szorstkości k_b . Ustalone tą drogą wartości są zależne nie tylko od rzeczywistej chropowatości ścian przewodu i od oporów miejscowych, ale także od promienia hydraulicznego, długości przewodu oraz od liczby Reynoldsa. Na rysunku 5 przedstawiono wartości chropowatości eksploatacyjnej dla kanału przed i po renowacji.



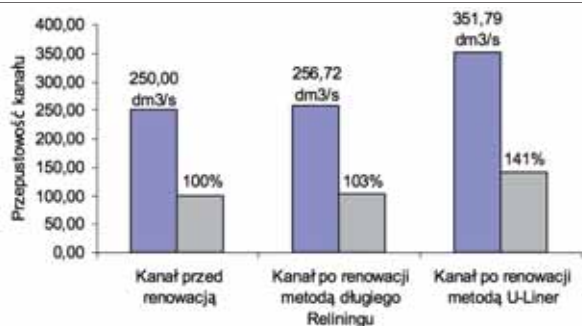
Rys. 5. Chropowatość eksploatacyjna kanału przed i po jego renowacji

Istotnym parametrem jest także spadek linii energii, z którego wynika wysokość strat energii na długości całego odcinka, niezbędna na pokonanie oporów hydraulicznych przy przepływie. Na rysunku 6 pokazano spadki linii energii w trzech wariantach stanu kanału, rozpatrywanych w ramach przykładu obliczeniowego.

Obliczone w przedstawionym toku obliczeniowym przepustowości kanału dla poszczególnych technologii renowacyjnych odnoszą się do napełnień całkowitych. W związku z tym należy je traktować jako wartości odnośne, które nie powinny być w praktyce wykorzystywane. Według wytycznej [1] jeśli przepływ obliczeniowy osiąga 90% maksymalnej przepustowości kanału, należy dobrać przekrój większy gwarantujący odpowiednią przepustowość. Dodatkowo dzięki określeniu maksymalnej przepustowości kanału można wyeliminować zjawisko podpiętrzania ścieków. Na rysunku 7 przedstawiono zmiany przepustowości kanału poddanego renowacji w stosunku do stanu przed renowacją.



Rys. 6. Spadek linii energii przy przepływie przez kanał przed i po jego renowacji



Rys. 7. Przepustowość kanału przed i po jego renowacji

Uwagi końcowe

Na podstawie zaprezentowanego toku obliczeń można łatwo zauważyć, iż została potwierdzona postawiona wcześniej teza o zależności przepustowości kanału od zastosowanej technologii jego renowacji. Ta zależność nie jest jednak oczywista i zawsze jednakowa. Otrzymane wyniki świadczą o tym, że redukcja przekroju nie zawsze oznacza zmniejszenie przepustowości danego kanału. Analizując kanał poddany renowacji za pomocą metody U-Liner z zastosowaniem rur PE, widać wyraźny wzrost przepustowości przy mniejszej średnicy wewnętrznej w porównaniu do stanu kanału przed renowacją. Dzieje się tak ze względu na znaczną redukcję oporów hydraulicznych, wyrażonych wartością eksploatacyjnego współczynnika oporów hydraulicznych λ_p , przy stosunkowo niewielkiej redukcji średnicy. Te zmniejszone opory przepływu związane z zastosowaniem nowych rur polietylenowych dotyczą także drugiej analizowanej technologii długiego Reliningu, z tym że ze względu na większą redukcję średnicy wewnętrznej przepustowość w tym przypadku ulega tylko nieznacznemu zwiększeniu. Dalsze redukowanie średnicy wewnętrznej, wynikające np. z obliczeń statyczno-wy-

trzymałościowych spowodowałyby obniżenie przepustowości w stosunku do jej wartości sprzed renowacji kanału. Decydując się więc na określoną technologię odnowy nie należy uzależniać przepustowości kanału jedynie od jego nowej średnicy, ale trzeba także zwracać uwagę i poddawać analizie wpływ oporów lokalnych oraz liniowych. Świadczy o tym przypadek przyjętego do przykładu kanału przed poddaniem go renowacji. Mimo największej średnicy wewnętrznej posiada on najmniejszą przepustowość, będącą wynikiem znacznych oporów hydraulicznych.

Wyniki analizy hydraulicznej kanałów będących w eksploatacji mogą być dodatkowym kryterium stanowiącym o potrzebie ich renowacji. Również możliwość wcześniejszego przeanalizowania wpływu konkretnej technologii na parametry hydrauliczne tychże kanałów może decydować o zasadności jej zastosowania. Nie należy jednak przy tym odbierać redukcji przepustowości kanałów jako zjawiska zawsze negatywnego, gdyż przy malejącym zużyciu wody w gospodarstwach domowych może ona być wręcz niekiedy pożądana.

Literatura

1. ATV-DVWK-A110P *Wytyczne do hydraulicznego wymiarowania i sprawdzania przepustowości kanałów i przewodów ściekowych.*
2. DIN 4044 *Hydromechanik im Wasserbau. Begriffe.*
3. DIN 4045 *Abwassertechnik. Grundbegriffe.*
4. Kuliczkowski A.: *Problemy bezodkrywkowej odnowy przewodów kanalizacyjnych.* „Monografie. Studia. Rozprawy Politechniki Świętokrzyskiej” 2004, nr 13, s. 245.
5. PN-76/M-34034 *Rurociągi. Zasady obliczeń strat ciśnienia.*
6. *Przewodnik technologii bezwykopowych. Technologie Bezwykopowe.* Warszawa 2001.

* Prof. dr hab. inż.; Politechnika Świętokrzyska.
 ** Mgr inż.; Politechnika Świętokrzyska.

Międzynarodowe Targi INFRASTRUKTURA wodno-ściekowa Kielce 2008

15-17 października 2008 r.

miejsce: Teren Międzynarodowych Targów Kielce, ul. Zakładowa 1

PATRONAT HONOROWY

Prezydent Miasta Kielce

KOMITET HONOROWY

• **Przedwodniczący:** Henryk Milcarz
 Prezes Wodociągów Kieleckich sp. z o.o.

Członkowie:

- prof. dr hab. Wojciech Dąbrowski
- prof. dr hab. inż. Marian Granops
- prof. dr hab. Andrzej Kuliczkowski
- prof. dr hab. inż. Marian Kwietniewski
- prof. dr hab. inż. Marek M. Sozański

WSPÓLPRACA

- Wodociągi Kieleckie sp. z o.o.
- Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków
- Politechnika Świętokrzyska, Katedra Wodociągów i Kanalizacji
- Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska
- Politechnika Poznańska Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska
- SGGW w Warszawie, Wydział Inżynierii i Kształowania Środowiska, Katedra Budownictwa i Geodezji

ORGANIZATORZY



PATRONAT MEDIALNY



szczegółowe informacje:

www.forum-wodociagi.pl/targi

www.targi Kielce.pl