

WYKONYWANIE PRÓBY SZCZELNOŚCI RUROCIĄGÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH

W ostatnich latach, dzięki uruchomionym licznym programom inwestycyjnym, realizowanych w ramach programów Unii Europejskiej, mającym poprawić nienajlepszą sytuację zaopatrzenia miast, wsi w wodę i kanalizację, uruchomiono już i uruchamiane będą liczne inwestycje związane z poprawą tej sytuacji. Dużą różnorodność konstrukcji rur do przesyłania wody, szczególnie pod względem materiałowym, stawia przed inwestorami, projektantami, wykonawcami i eksploatatorami, na wszystkich etapach realizacji projektu, duże wyzwanie. Próba szczelności rurociągu wykonanego z tworzyw sztucznych, jest wynikiem jakości zrealizowanych zadań, pod warunkiem prawidłowego jej wykonania, z uwzględnieniem cech lepko-sprężystych materiałów, zastosowanych do produkcji rur.

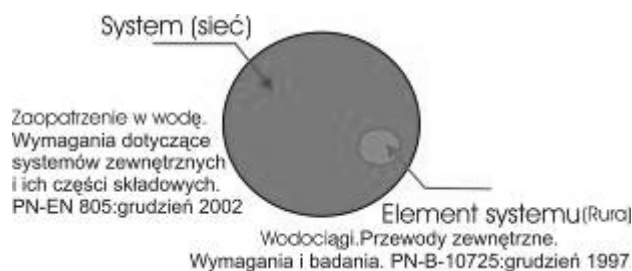
1. WSTĘP

Po wielu latach doświadczeń z tworzywami polimerowymi, jak pokazuje praktyka, badania szczelności rurociągow z tworzyw sztucznych, powinny być prowadzone zgodnie z wymaganiami uwzględniającymi charakterystyczne cechy dla określonego rozwiązania materiałowego. Należy jednocześnie zwrócić uwagę na fakt, że kryteria warunków próby szczelności dla różnych materiałów konstrukcyjnych rur, miały tendencję do stałego skracania np. czasu trwania próby. Należy również podkreślić, że inne kryteria stosowane podczas badania były „nieostre”, co skutkowało tym, że raporty, a nawet prace omawiające warunki odbioru, charakteryzowały się ogólnymi stwierdzeniami np. o paru godzinach trwania próby, czy ciśnienie próbne w czasie 30 minut, nie powinno się obniżyć. Aby wyeliminować subiektywność oceny wyników próby szczelności rurociągow, a jednocześnie podnieść jakości ich wykonywania, w roku 1997 została wydana norma PN-B-10725: grudzień 1997 (do dzisiaj obowiązuje) oraz norma PN-EN 805: grudzień 2002, które miała na celu uporządkowanie i jednoznaczne określenie kryteriów w tym zakresie, rozmaicie przestrzeganych i różnie interpretowanych w praktyce. Ze względu na ograniczenia objętościowe referatu, w poniższym opracowaniu pominięto inne, nie mniej ważne procedury badania prób szczelności, wynikające z innych norm, stosowanych do rur z tworzyw sztucznych.

2. STAN REGULACJI NORMATYWNYCH

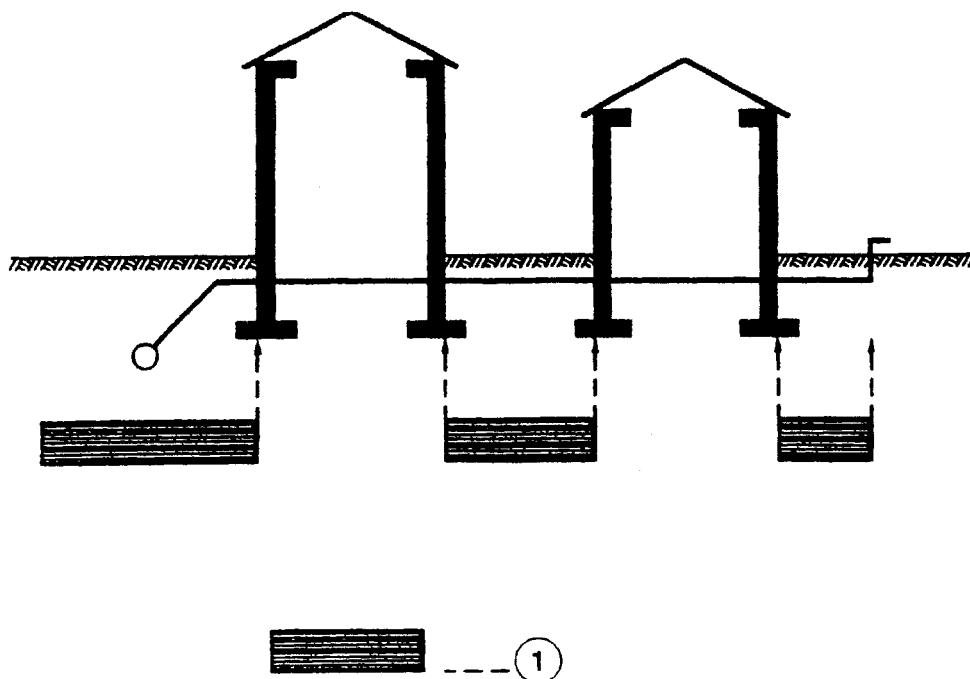
W zakresie wykonywania prób szczelności rurociągow z tworzyw sztucznych obowiązują na dzień dzisiejszy w Polsce ww. normy tj. Polska Norma PN-B-10725, ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) dnia 24 grudnia 1997 r, oraz Polska Norma PN-EN 805, ustanowiona przez PKN w dniu 31 grudnia 2002 roku. Obie normy obowiązują nadal, przy czym, pierwsza, dotyczy przewodów zewnętrznych (wymagania i badania) druga, wymagań dotyczących systemów zewnętrznych i ich części składowych. Zasadnicze różnice stosowania ww. norm wynikają z ich zakresu¹, co przedstawiono na rys.1.

¹ Rozdział 1. Wstęp. 1.1. Zakres normy str.2. PN-B-10725:grudzień 1997 oraz Rozdział 1. Zakres normy. Stronica 6. PN-EN 805:grudzień 2002.



Rysunek 1. Zakres stosowania norm dotyczących próby szczelności

Norma PN-B-10725, określa w swoim zakresie wymagania i badania przy częściowym i końcowym odbiorze technicznym przewodów wodociągowych z rur stalowych, żeliwnych i z żywicy poliestrowych lub epoksydowych ze wzmocnieniami z włókna szklanego oraz innych tworzyw sztucznych, mających certyfikat lub deklarację zgodności z wymaganiami Polskich Norm lub aprobat technicznych. Natomiast norma PN-EN 805, w swoim zakresie odnosi się do wymagań ogólnych, dotyczących zewnętrznych systemów zaopatrzenia w wodę (patrz rys.2), obejmujących przewody główne i przyłącza wodociągowe, zbiorniki sieciowe i inne urządzenia oraz przewody wody surowej, z wyłączeniem stacji uzdatniania wody i ujęcia wody.



Rysunek 2. Zakres stosowania normy PN-EN 805: grudzień 2002 [6]
1 – obszar stosowania

Przedstawione powyżej zasadnicze różnice dotyczące zakresu i obszaru stosowania powyższych norm mogą powodować pewną dowolność, szczególnie, jeżeli chodzi o próby przeprowadzane częściowo, czyli na odcinkach rurociągów. Jednoznaczne rozstrzygnięcie tej zasadniczej kwestii, zawarte jest w Prenormie Europejskiej ENV 1046:2001, której polska wersja ukazała się w 2007 roku, jako PN-ENV 1046: kwiecień 2007 r.

W przywołanej normie, w rozdziale 8, Kontrola i badania, na stronie 35, w podrozdziale 8.2.1. Próby ciśnieniowe, jednoznacznie określono, że próbę ciśnieniową (próbę szczelności) należy prowadzić zgodnie z odnośną(-ymi) Normą(-ami) Europejska(-mi). Warunek ten spełniają jedynie normy Polskie, przyjęte najpierw uznaniowo, na podstawie norm Europejskich. Norma PN-EN 805, co

wynika już z samego jej oznaczenia, jest taką normą i właśnie, dlatego jako jedyna, powinna być stosowana do badania szczelności rurociągów z tworzyw sztucznych, układanych w gruncie. Zasadnicze różnice wynikają z podstawowego modelu rury, który w przypadku materiału podstawowego, jakim jest tworzywo polimerowe, nadaje tej konstrukcji elastyczność, tzw. rury podatne, mogące pod wpływem ciśnienia wewnętrznego czy zewnętrznego, zmieniać nawet znacznie, swoją objętość².

3. RURA ELASTYCZNA A INNE KONSTRUKCJE RUR POLIMEROWYCH

Według PN-EN 805: grudzień 2002 i wymagań w niej określonych, norma ma zastosowanie do:

- projektowania i budowania nowych systemów zaopatrzenia w wodę,
- rozbudowy na znacznym obszarze istniejącego systemu zaopatrzenia w wodę, tworzącego oddzielną część,
- znacznej modyfikacji i/lub modernizacji istniejących systemów zaopatrzenia w wodę.

Jednocześnie norma określa, że nie zaleca się dokonywania zmian w istniejących systemach zaopatrzenia w wodę w celu spełnienia wymagań niniejszej normy, pod warunkiem, że nie nastąpiło istotne pogorszenie jakości wody, bezpieczeństwa, niezawodności i kompletności systemu.

Obecność różnorodnych materiałów z tworzyw sztucznych, stosowanych do produkcji rur została uwzględniona w podstawowym podziale rur, jako podstawowego elementu systemu. Ze względu na zdolność do przenoszenia obciążeń wyróżnia się:

- rurę sztywną – przewód, którego zdolność do przenoszenia obciążenia jest ograniczony przez załamanie bez istotnego odkształcenia przekroju poprzecznego tzw. zachowanie sztywne.
- rurę półsztywną – przewód, którego zdolność do przenoszenia obciążenia jest ograniczona albo przez odkształcenie (przeciążenie) tzw. zachowanie elastyczne, albo złamania tzw. zachowania sztywne.
- rurę elastyczną – przewód, którego zdolność przenoszenia obciążenia jest ograniczona przez deformację (odchylenie lub/i odkształcenie przekroju), pod obciążeniem równym granicznej wartości projektowej, bez złamania lub rozerwania tzw. zachowania elastyczne.

Należy sobie postawić zasadnicze pytanie: Czy wszystkie rury produkowane z tworzyw sztucznych są rurami (konstrukcjami) elastycznymi? Jeśli nie to, które są, a które nie są konstrukcjami elastycznymi? Jakie kryteria o tym decydują? Odpowiedź na te pytania nie jest taka prosta? Jest ona zawarta w poszczególnych normach przewidzianych dla danych rozwiązań i ze względu na ograniczoną objętość tego opracowania nie została szczegółowo omówiona. Skrajny przypadek takiej odporności został przedstawiony na rys.3.



Rysunek 3. Przykład rury elastycznej

Z przykładu (rys.3) wynika, że w prezentowanym przypadku zdolność przenoszenia obciążeń była zachowana przy znacznym przekroczeniu granicznej wartości projektowej, bez wystąpienia rozerwania, co w pełni potwierdza zachowanie elastyczne wyprodukowanej rury. Oczywiście prezentowany przypadek został wykonany w warunkach laboratoryjnych i w pełni potwierdził, zachowanie się elastycznych rur ułożonych w gruncie, co przedstawiono na rys.4. Należy tutaj

² Bolt A., Suligowski Z.: „Próby szczelności rurociągów ciśnieniowych z tworzyw polimerowych”, INSTAL 7-8/2007 rok.

zaznaczyć, że produkowane, ciśnieniowe rury polimerowe tylko przy spełnieniu wszystkich wymagań stawianych przez normy czy aprobaty techniczne, będą rurami elastycznymi wg przyjętej definicji. W wyniku nie spełnienia, bądź wątpliwym spełnieniu pewnych wymagań jakościowych, mogą również w procesie produkcji pojawić się takie przypadki kiedy rury będą pólsztywne, co przy niedbałym a nawet standardowym wykonaniu posadowienia rurociągu w gruncie, już podczas próby ciśnieniowej, może doprowadzić do znacznych uszkodzeń rurociągu. Przyczyną tych uszkodzeń będą znaczne maksymalne ugięcia powstałe po ułożeniu rurociągu (rys.4).



Rysunek 4. Typowe zmiany ugięcia Z wzdłuż rurociągu L dla dwóch poziomów jakości ułożenia [7]
 Z_1 i Z_2 – średnie ugięcie po ułożeniu

Zmiany ugięcia odzwierciedlają zróżnicowane podparcie oraz zróżnicowane oddziaływanie obciążeń zewnętrznych na rurę.

Dożo cennych wyników badań, rzuciły na kwestie projektowania rurociągów z tworzyw termoplastycznych (najczęściej PVC, PE, PP) układanych w gruncie i ich współpracy z ośrodkiem gruntowym, wyniki europejskiego projektu badawczego „Projektowanie podziemnych rurociągów z tworzyw termoplastycznych” zrealizowanego przez TEPPFA³ i APME⁴ kilka lat temu. Określono też wpływ poszczególnych parametrów ułożenia i zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, na wielkość ugięcia:

- warunki montażu – 80%,
- głębokość ułożenia rury – 15%,
- sztywność obwodowa rury – ok. 3,5%,
- materiał rury – ok. 1,5%.

Z powyższego podziału wynika, że warunki montażu, jego staranność w przygotowaniu, a następnie posadowienie rurociągu ciśnieniowego z tworzyw sztucznych, będzie głównie wpływało na zachowanie się rury pod działaniem obciążeń zewnętrznych i wewnętrznych, a tym samym na niezawodność funkcjonowania rurociągu.

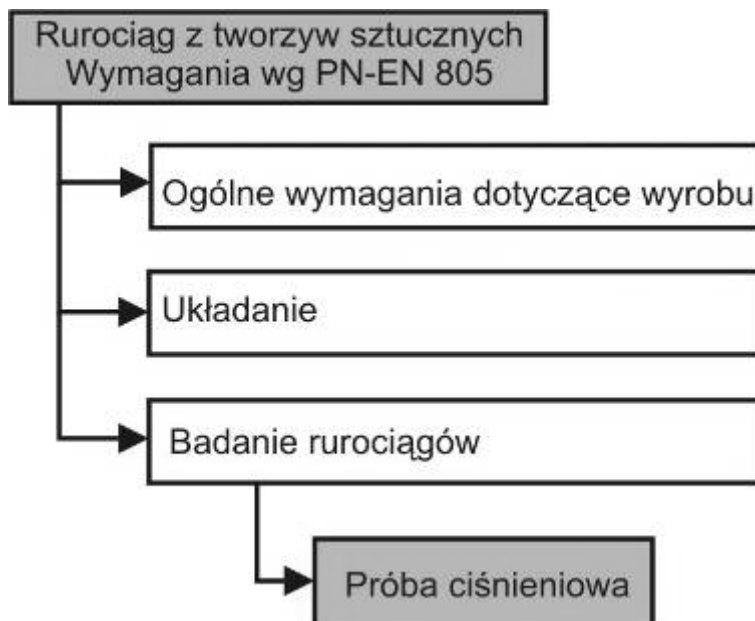
³ Europejskie Stowarzyszenie Producentów Rur i Kształtek z Tworzyw Sztucznych

⁴ Europejskie Stowarzyszenie Producentów Tworzyw Sztucznych

4. PRÓBA CIŚNIENIOWA

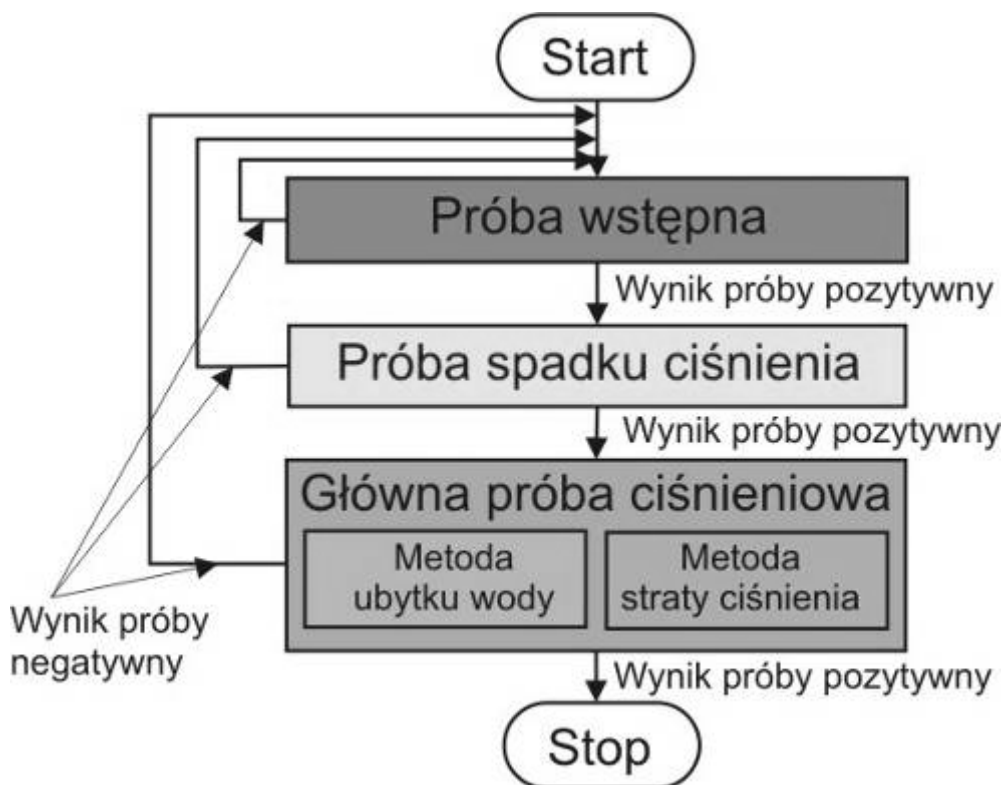
Według normy PN-ENV 1046: kwiecień 2007r, przed przeprowadzeniem prób ciśnieniowych należy upewnić się, że rurociąg, a w szczególności łuki i bloki oporowe i inne kształtki, były zaprojektowane tak, by mogły przenosić siły wywołane ciśnieniem badania. Norma ta nakazuje przeprowadzenie próby zgodnie z odnośną normą (normami) europejską.

W normie PN-EN 805:grudzień 2002, podano szczegółowe wymagania dotyczące układania i badania rurociągów wykonanych z tworzyw sztucznych. Zakres wymagań realizowany podczas realizacji prac projektowych i wykonawczych przedstawiono na rys.5.



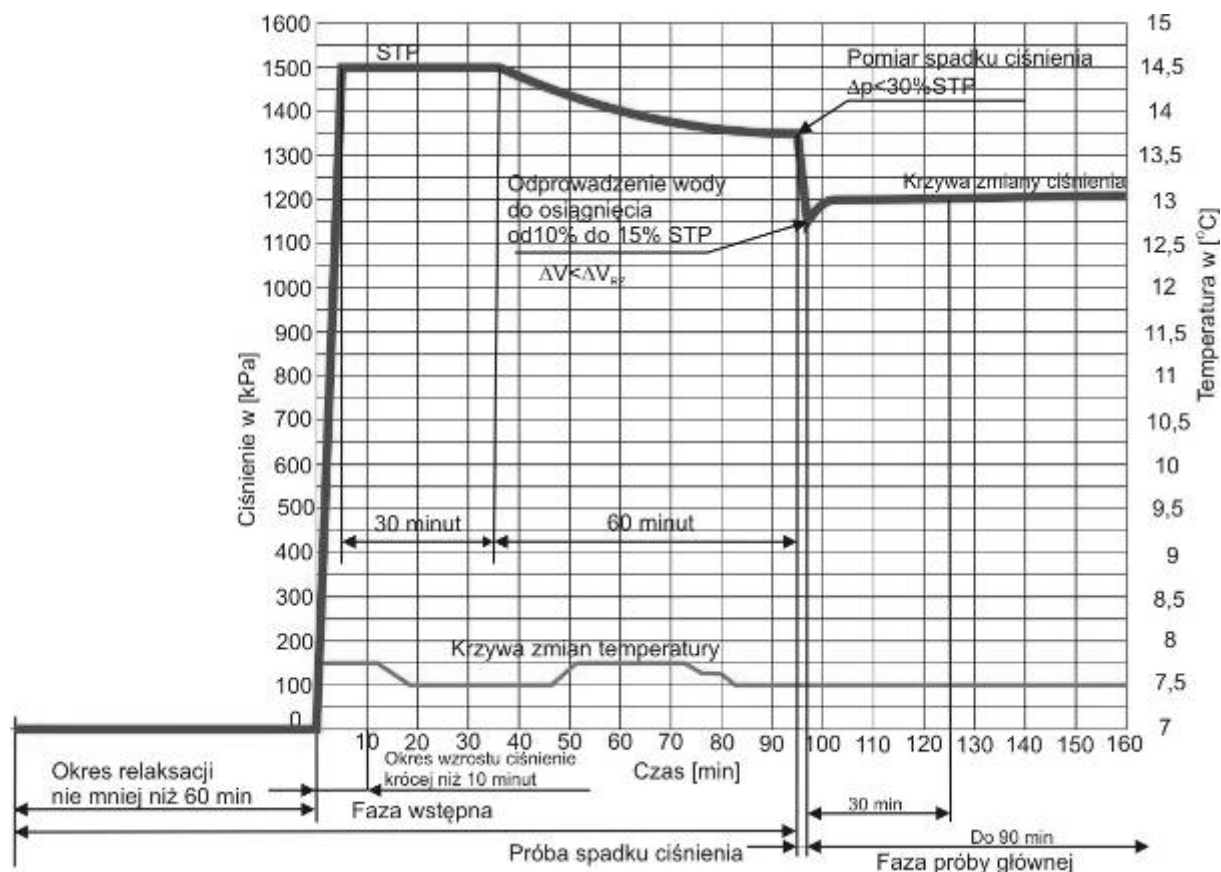
Rysunek 5. Wymagania normy PN-EN 805: grudzień 2002

Próbie ciśnieniową należy prowadzić na całym rurociągu, a jeśli jest to niemożliwe należy badać go odcinkami. Przed rozpoczęciem prób należy z rurociągu usunąć wszelkie elementy (gruz i obce przedmioty). Badany odcinek należy napełniać wodą powoli, a wszystkie urządzenia odpowietrzające powinny być otwarte i odpowiednio odpowietrzone bezpośrednio przed wykonaniem próby. Na tyle na ile jest to możliwe, należy usunąć powietrze z rurociągu. Napełnianie należy rozpocząć, jeśli jest to możliwe, w najniższym punkcie rurociągu i w taki sposób, aby poniżej punktu napełniania nie utworzył się syfon, i tak aby uszło powietrze przez odpowietrzniki. Zasadnicze badanie rurociągu składa się z przeprowadzenia próby ciśnienia, którą realizuje się wg trzech podstawowych etapów. Procedurę tą realizuje się bez względu na rodzaj zastosowanych rur i materiałów. Procedurę badawczą powinien określić projektant, przy czym powinna ona obejmować trzy etapy (rys.6): próbę wstępną, próbę spadku ciśnienia i główną próbę ciśnieniową, co określono w załączniku A.27, wcześniej przywołanej tu normy PN-EN 805: grudzień 2002.



Rysunek 6. Procedura badania rurociągów o własnościach lepko-sprężystych

Czas trwania próby wstępnej zależy od materiałów, z których wykonany jest rurociąg i powinien go określić projektant, biorąc pod uwagę odpowiednie normy wyrobu. Celem próby wstępnej jest ustabilizowanie się położenia rurociągu poprzez osiągnięcie większości przesunięć zmiennych w czasie. Osiągnięcie odpowiedniego nasycenia wodą i osiągnięcie wzrostu objętości rurociągu (rury elastyczne), uzależnionego od ciśnienia, przed próbą główną. Powtórzenie fazy próby głównej może być wykonane tylko po ponownym przeprowadzeniu całej procedury badania (rys.6), łącznie z zapewnieniem czasu relaksacji, wynoszącym nie mniej niż 60 minut w fazie wstępnej. Po zakończeniu okresu relaksacji szybko podnieść ciśnienie w sposób ciągły, krócej niż 10 minut, do wartości ciśnienia próbnego systemu STP (ciśnienie próbne ustalone na podstawie 11.2.3, normy PN-EN 805: grudzień 2002). Utrzymać ciśnienie STP przez czas 30 minut, przez pompowanie ciągłe lub z krótkimi przerwami, w tym czasie przeprowadzić kontrolę w celu stwierdzenia wszystkich rzeczywistych przecieków. Następnie przerwać pompowanie i przez czas 1 godziny obserwować zmiany ciśnienia, spowodowane wydłużaniem się rurociągu wskutek pełzania lepko-sprężystego. Odczytać wartość ciśnienia po upływie tego czasu. W przypadku zakończenia fazy wstępnej z wynikiem pozytywnym, kontynuować procedurę badania. Przykład próby ciśnieniowej dla rurociągu o własnościach lepko-sprężystych przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. Przykład próby ciśnieniowej dla rurociągu o własnościach lepko-sprężystych

Zintegrowana próba spadku ciśnienie przerywa pełzanie lepko-sprężyste spowodowane naprężeniami wywołanymi przez ciśnienie STP. Gwałtowne zmniejszenie ciśnienia prowadzi do skurczu rurociągu. Prawidłowa ocena zasadniczej próby szczelności jest możliwa pod warunkiem odpowiednio niskiej zawartości powietrza we wnętrzu badanego odcinka. W związku z tym należy:

- w końcu fazy wstępnej gwałtownie obniżyć ciśnienie w rurociągu o $\Delta p = 10 \div 15\%$ STP poprzez upuszczenie wody z badanego odcinka;
- dokładnie zmierzyć objętość upuszczonej wody ΔV ;
- obliczyć dopuszczalny ubytek wody ΔV_{max} według poniższego równania (1) i sprawdzić, czy upuszczona ilość wody ΔV nie przekracza wartości dopuszczalnej ΔV_{max} .

Jeśli ΔV jest większe od ΔV_{max} oznacza to, że rurociąg jest zapowietrzony, należy przerwać procedurę badania, po rozhermetyzowaniu odpowietrzyć badany rurociąg (odcinek) i powtórzyć próbę zgodnie algorytmem przedstawionym na rysunku 6.

$$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right) \quad (1)$$

gdzie:

- ΔV_{max} - dopuszczalny ubytek wody w [litrach]
- V - objętość badanego odcinka rurociągu w [litrach]
- Δp - zmierzony spadek ciśnienia w [kPa]
- E_w - współczynnik sprężystości objętościowej wody w [kPa] ($2,1 \times 10^6$ kPa)
- D - wewnętrzna średnica przewodu w [m]
- e - grubość ścianki rurociągu w [m]
- E_R - moduł sprężystości w kierunku obwodowym zależny od materiału rury w [kPa]
- 1,2 - współczynnik korygujący (uwzględniający zawartość powietrza) w czasie głównej próby ciśnieniowej.

W przypadku, kiedy ΔV jest mniejsze od ΔV_{\max} , kontynuować procedurę badania, obserwując i zapisując w okresie 30 minut (faza próby głównej rys.7) wzrost wartości ciśnienia spowodowany skurczem rurociągu. Fazę próby głównej uważa się za udaną (wynik pozytywny), jeżeli krzywa ciśnienia wykazuje tendencję wzrostową i sytuacja ta nie ulega zmianie przez cały okres 30 minut, który zwykle jest wystarczająco długi, aby uzyskane wyniki przyjąć za poprawne (wiarygodne). Jeżeli uzyskane wyniki będą budziły wątpliwości, wówczas fazę próby głównej należy przedłużyć do 90 minut, a spadek ciśnienia ograniczyć do 25 kPa, licząc od wartości maksymalnej, jaka wystąpiła w fazie skurczu. Jeżeli spadek ciśnienia w tej fazie jest większy od 25 kPa, próbę należy zaliczyć z wynikiem negatywnym.

5. PODSUMOWANIE

Ze względu na zjawiska występujące podczas oddziaływania ciśnienia podczas próby ciśnieniowej dla rur elastycznych z materiałów lepko-sprężystych, stosowanie przywołanej tu normy PN-B-10725 z 1997 roku jest nieuzasadnione, co wykazano wyżej.

Po raz kolejny należy podkreślić szczególną rolę projektanta, szczególnie przy określaniu szczegółowych zasad trwania próby fazy wstępnej, zależnej od rodzaju materiału użytych rur.

Prowadzenie próby niezgodnie z wymaganiami normy PN-EN 805: grudzień 2002, dla współczesnych rozwiązań materiałowych z tworzyw sztucznych, może doprowadzić do niewłaściwej interpretacji uzyskanych wyników badań, co może skutkować, nieuzasadnionym powtarzaniem prób i niepotrzebnym wzrostem kosztów, w fazie realizacji inwestycji.

BIBLIOGRAFIA

1. Bolt A., Suligowski Z.; Próby szczelności rurociągów ciśnieniowych z tworzyw polimerowych. INSTAL 7-8/2007, str. 70.
2. Kulickowski A.; Rury kanalizacyjne, Własności materiałowe, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2001 r.
3. Żuchowska D.; Polimery konstrukcyjne, WNT, Warszawa 2000 r.
4. „Design of Buried Thermoplastics Pipes. Results of European Research Project”. TEPPFA, March 1999.
5. Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne, I Konferencja Naukowo Techniczna, Wydawnictwo Szeidel-Przywecki Sp. z o.o., 2004 r.
6. Polska Norma PN-EN 805: grudzień 2002, Zaopatrzenie w wodę. Wymagania dotyczące systemów zewnętrznych i ich części składowych, PKN, Warszawa 2002.
7. Polska Norma PN-ENV 1046: kwiecień 2007, Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych. Systemy poza konstrukcjami budynków do przesyłania wody lub ścieków. Praktyka instalowania pod ziemią i nad ziemią.
8. Polska Norma PN-B-10725: grudzień 1997, Wodociągi. Przewody zewnętrzne. Wymagania i badania. PKN, Warszawa 1997 r.
9. Poradnik,; Tworzywa sztuczne, WNT, Warszawa 2000 r.