

Przełomowe wyniki badań trwałości rur polietylenowych opublikowane przez brytyjski sektor wodny

Edyta Zalewska

Przed branżą wodno-kanalizacyjną stoi wiele nowych wyzwań, z którymi musi się zmierzyć w najbliższych latach. Sektor wodny w Wielkiej Brytanii od lat prowadzi badania naukowe na szeroką skalę, które mają wesprzeć przedsięwzięcia wodociągowe w znalezieniu odpowiedzi m.in. na pytania: „*Jak osiągnąć brak przerw w dostawach wody do 2050 roku?*” oraz „*Jak w zrównoważony sposób wyeliminować wycieki do 2050 roku?*”

1. Pierwsze doniesienia o przełomowych wynikach badań UKWIR na temat trwałości rur PE

15 września 2020 roku na stronach UK Water Industry Research (UKWIR) pojawiły się pierwsze doniesienia o wynikach przeprowadzonych badań. W artykule pt. „*Pipe Dream staje się rzeczywistością, gdy tajemnice trwałości rur zostają odkryte*” [1] czytamy między innymi:

„Projekt badawczy mający na celu zbadanie długoterminowego zachowania rur z tworzyw sztucznych (PE) wykorzystywanych do dostarczania wody pitnej w kraju w końcu odkrył tajemnice ich trwałości. (...) W ramach projektu finansowanego przez UKWIR i Severn Trent Water, firma Severn Trent Water wydobyła polietylenowe rury zainstalowane w specjalnych stanowiskach testowych na dwóch przepompowniach w Midlands na początku lat 80. i 90. ubiegłego wieku. Do tego czasu rury i złącza pozostawały aktywne i „w eksploatacji”, a następnie poddawane specjalnym testom chemicznym i mechanicznym w celu określenia zmian w zachowaniu – w szczególności w celu przewidzenia, kiedy rury ulegną degradacji i awarii, czyli zaczęły przeciekać lub pękać.

„Przeprowadzone badania wykazały, że rury PE o podobnych właściwościach do tych wydobytych będą trwać dłużej niż zakładany obecnie 50-letni okres eksploatacji – a rury nowszej generacji, takie jak PE100, mogą mieć żywotność sięgającą nawet 160 lat.

Informacje te mają kluczowe znaczenie, ponieważ około 95 000 km sieci rurociągów wody pitnej w Wielkiej Brytanii jest wykonanych z polietylenu (PE) i jest obecnie wykorzystywanych do budowy 90% nowych sieci wodociągowych.

Jo Claronino, Technical Lead w Severn Trent Water, powiedziała:

„Wydobywanie tych rur z naszych stanowisk testowych miało w sobie dreszcz emocji towarzyszący wykopaliskom archeologicznym, a dokonane przez nas odkrycia są przełomowe dla branży wodociągowej. (...) To dzięki dalekowzroczności inżynierów sprzed 40 lat, dzisiejsi specjaliści branży wodociągowej dysponują cennym zasobem w postaci rzetelnych danych. Mamy nadzieję, że zostaną one wykorzystane do stworzenia krajowej bazy danych przedstawiającej oczekiwaną żywotność sieci wodociągowych w Wielkiej Brytanii i Irlandii.

2. UK Water Industry Research (UKWIR) – Platforma Współpracy Badawczej Sektora Wodnego w Wielkiej Brytanii i Irlandii

UKWIR od ponad 25 lat aktywnie kształtuje przyszłość branży wodociągowej w Wielkiej Brytanii.

„Umożliwiamy, zarządzamy i realizujemy strategiczny program projektów badawczych dla naszych członków – spółek wodociągowych z Wielkiej Brytanii i Irlandii – w celu sprostania kluczowym wyzwaniom, przed którymi stoją. Osiągamy to, zapewniając przywództwo w definiowaniu przyszłych kierunków badań w sektorze wodnym [2].

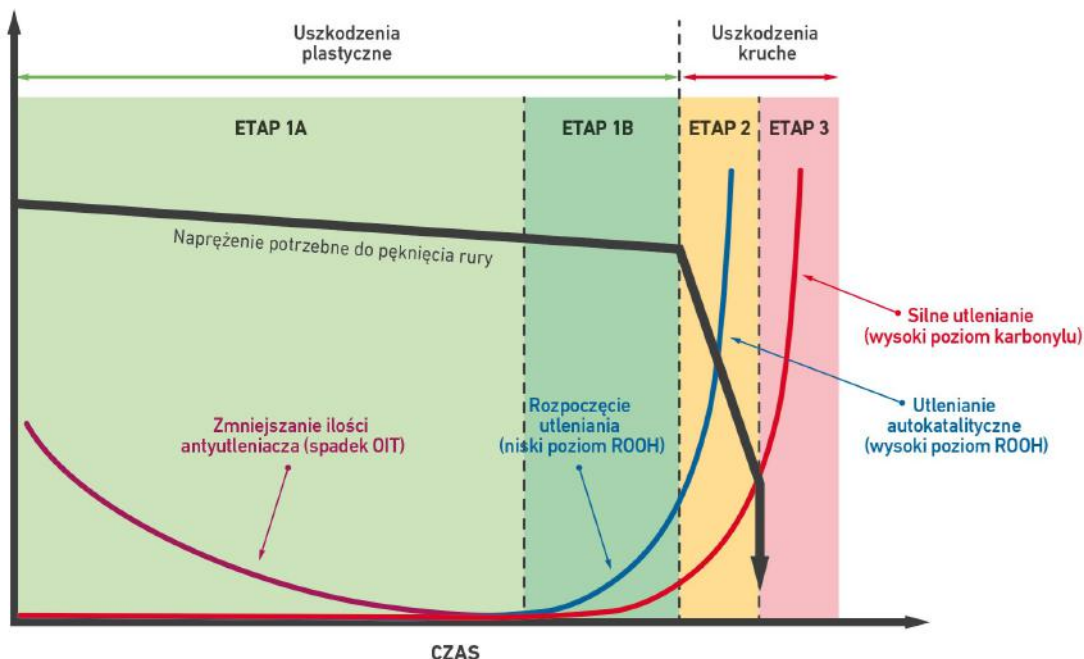
„Gospodarka wodna stoi w obliczu coraz większych wyzwań. Rosnąca populacja i zmieniający się klimat wywierają presję na branżę w czasie bezprecedensowych reform rynkowych oraz stale rosnących oczekiwań klientów. Odpowiedź sektora na te wyzwania powinna opierać się na najlepszych badaniach i analizach, prowadzonych z perspektywą globalną. To właśnie misja UKWIR, która zainspirowała uruchomienie ambitnego strategicznego programu badawczego.

UKWIR dysponuje budżetem rocznym na programy badawcze na poziomie 4 milionów funtów. Budżet ten jest dodatkowo wzmacniany przez znaczne zasoby rzeczowe ich członków tj. przedsiębiorstw wodociągowych, które aktywnie uczestniczą zarówno w rozwoju programu badawczego jak i realizacji konkretnych projektów.

3. Raport źródłowy UK Water Industry Research [3]

Cel Projektu

„Polietylen stanowi około 95 000 km sieci wodociągowej w Wielkiej Brytanii i jest obecnie wykorzystywany w 90% nowych sieci wodociągowych (dane UKWIR National Mains Failure Database). Dlatego ważne jest, aby przedsiębiorstwa wodociągowe zrozumiały tę bazę zasobów, jak długo będzie ona trwać, jak szybko będzie się pogarszała i czy 50-letni okres użytkowania jest odpowiedni. Mając to na uwadze, firma Severn Trent Water zainstalowała dwa stanowiska testowe na przepompowniach Coopers Green i Great Gates w połowie lat 80. i na początku lat 90. ubiegłego wieku, aby umożliwić badanie tego materiału w środowisku eksploatacyjnym. Prace nad analizą tego rurociągu po 20-30 latach eksploatacji zostały zasugerowane w ostatniej dekadzie, a niniejszy projekt jest zwieńczeniem tych działań.



Rys. 1. Ilustracja etapów degradacji rur PE

Cykl życia rur polietylenowych

W trakcie bieżącego projektu opracowano nowy schemat procesu degradacji materiałów rur PE, który łączy w sobie poprzednie prace i zapewnia bardziej spójną podstawę do projektowania i analizy.

Aby pomóc w zrozumieniu cyklu życia rur polietylenowych, wygenerowano schemat degradacji rur polietylenowych (rysunek 1), który obejmuje dwa podetapy: **Etap 1A**, który jest okresem czasu pomiędzy wyprodukowaniem rury a momentem, w którym stężenie antyutleniacza (inhibitor naturalnego utleniania rury) wyczerpuje się; **Etap 1B**, który jest okresem czasu pomiędzy końcem **Etapu 1A** a punktem, w którym przewiduje się kruche uszkodzenia, oznaczone wzrostem nadtlenu wodoru (ROOH), chemicznego produktu ubocznego utleniania rury. Gdy rura wchodzi w **Etap 2**, ryzyko kruchych uszkodzeń wzrasta, na tym etapie można uznać, że rura znajduje się na końcu okresu użytkowania i należy zbadać zasoby w celu wymiany rury. Prawdopodobieństwo kruchego uszkodzenia znacznie wzrośnie na **Etapie 3**, gdy powstaną produkty karbonylowe (zmiana polietylenu, która osłabia rurę).

Analiza wyników

Wszystkie wydobyte próbki wykazywały właściwości mechaniczne, które spełniały wymagania dla nowych rur, co w połączeniu z testami chemicznymi wskazywało, że w próbkach nie było znaczącej degradacji (indeks karbonylowy poniżej 1%).

W tabeli 1 przedstawiono wyniki analizy mającej na celu określenie czasu trwania Etapu 1A.

Biorąc pod uwagę ten sposób analizy czasu trwania Etapu 1A, spodziewamy się, że średni czas do zaniku OIT wyniesie 83 ± 21 lat dla grupy badanej 6 i 90 ± 23 lat dla grupy badanej 7 od momentu instalacji rur. (...) Etap 1B musi również nastąpić, zanim rura osiągnie przejście ze stanu plastycznego w kruchy, a ryzyko awarii znacznie wzrośnie. Na podstawie wcześniejszych badań laboratoryjnych przeprowadzonych w różnych temperaturach oczekiwano, że nastąpi to około 80 lat po wyczerpaniu antyutleniacza (od końca Etapu 1A do końca Etapu 1B) w temperaturze 10°C . Pozostały okres użytkowania po wyczerpaniu antyutleniacza niekoniecznie musi być taki sam dla rur w eksploatacji, chociaż rozsądne byłoby założenie znacznie dłuższej żywotności po zakończeniu Etapu 1A, co może oznaczać, że dla materiałów PE100 podobnych do grupy badanej 6 i 7, całkowita żywotność rury PE100 może wynosić nawet 160 lat.

Chociaż projekt koncentrował się na trwałości rur, przetestowano również połączenia doczołowe (BF) i elektrooporowe (EF). Badania te nie dostarczyły dowodu na większe ryzyko pogorszenia właściwości materiału w złączach, a wyniki wykazały doskonałe zachowanie się połączeń doczołowych. Zachowania połączeń elektrooporowych były zróżnicowane, niemniej jednak pozostały one nienaruszone w terenie. (...) Biorąc pod uwagę fakt, że głównym czynnikiem ryzyka w okresie życia połączenia wydaje się być słaba jakość jego wykonania, najlepszym "środkiem zaradczym" jest wdrożenie procedur, które pozwolą na dobre wykonanie połączeń i to potwierdzą, tak aby zapewnić ich jak najdłuższą żywotność (WIS 4-32-08).

Tab. 1. Przewidywany czas pozostały do zakończenia Etapu 1A dla rur wykopanych w 2020 r.

Grupa badana	Materiał	Średnica [mm]	SDR	Data instalacji	Czas trwania Etapu 1A	Przewidywany koniec Etapu 1A
1	PE80	125	11,0	1984	35 ± 12 lat	2019 ± 12 lat
2	PE80	125	11,0	1986	66 ± 19 lat	2052 ± 19 lat
6	PE100	180	17,6	1990	83 ± 21 lat	2073 ± 21 lat
7	PE100	250	17,6	1990	90 ± 23 lata	2080 ± 23 lata

Tab. 2. Przewidywany czas zakończenia Etapu 1A dla rurociągów PE w sieciach wodociągowych Wielkiej Brytanii

Grupa badana	Materiał	Udział procentowy w brytyjskiej sieci wodociągowej z PE (najbliższy odpowiednik)	Udział procentowy w całej sieci wodociągowej w Wielkiej Brytanii	Przewidywany czas do zakończenia Etapu 1A od instalacji rur (w latach)
1	MDPE (PE80)	3,4	2,1	23-47
2	MDPE (PE80)	9,0	5,4	47-85
5	MDPE (PE80)	43,8	26,5	–
6/7	HDPE (PE100)	43,8	26,5	62-113

Przewidywany czas zakończenia Etapu 1A dla rurociągów PE w sieciach wodociągowych Wielkiej Brytanii

” W oparciu o bazę danych UKWIR Mains Failure Database (UKWIR, 2019) i powyższe wartości, określono przybliżony profil ryzyka dla materiałów rur znajdujących się obecnie w ośrodkach gruntowych Wielkiej Brytanii (tabela 2).

Wnioski płynące z przeprowadzonych badań

” Wyniki testów przeprowadzonych w ramach tego projektu uzasadniły ogólnie przyjęte podejście (koncentrujące się głównie na zmniejszaniu się stanu DSC OIT), wskazując na akceptowalne wyniki pozostałych badań przeprowadzonych na wydobytych rurach obejmujących badanie MFR, gęstości, próby rozciągania, próby ciśnieniowej, próby C-ring (dla odporności na powolny wzrost pęknięć) i próby udarności Charpy'ego (dla odporności na szybką propagację pęknięć). (...)

Początkowy poziom antyutleniaczy w rurze ma znaczący wpływ na degradację rury a tym samym na jej żywotność. Im wyższy poziom DSC OIT podczas instalacji rury, tym dłuższy całkowity okres trwałości.

Pogorszenie jakości DSC OIT w rurach o większej średnicy wydaje się być wolniejsze, ale efekt ten jest nieistotny w związku z występowaniem innych czynników zewnętrznych. W związku z tym średnica nie ma wpływu na degradację wewnętrzną i zewnętrzną części rury i jest mało prawdopodobne, aby średnica miała znaczący wpływ na ostateczny szacowany okres trwałości.

Zalecenia autorów raportu

” W oparciu o ustalenia i wnioski z tego projektu autorzy mają następujące zalecenia.

Opracowany proces oceny ryzyka opiera się na znanych początkowych wartościach DSC OIT z okresu produkcji rur i zaleca się, aby były one udostępniane przez producentów i gromadzone przez przedsiębiorstwa wodociągowe. Można to osiągnąć wyłącznie retrospektywnie, gdy odpowiednie dane zostały pozyskane w czasie produkcji, w szczególności wartości DSC OIT, a nie mniejsze niż 20 minut. Przedsiębiorstwa wodociągowe powinny tworzyć własne bazy danych wyników, które mogą obejmować całą firmę lub całą branżę (na przykład: wyniki dla danej rury co 5-10 lat). Nawet jeśli początkowe wartości DSC OIT są nieznane, można opracować prognozę na podstawie uzyskanych danych, a wraz ze wzrostem liczby punktów danych niepewność maleje. Z tych powodów zaleca się rozpoczęcie tego procesu już teraz. (...)

Zaleca się, aby przedsiębiorstwa wodociągowe zaczęły pobierać małe próbki ze swoich sieci polietylenowych, aby

zwiększyć swoją wiedzę na temat degradacji sieci. W pierwszej kolejności sugeruje się, aby ograniczyć się do małych rdzeni rur z DSC OIT. Potencjalnie można by to połączyć w kilku firmach, aby stworzyć ogólnokrajowy zestaw danych. (...)

Jednym z zaleceń niniejszego raportu jest też, aby dostawcy rur z tworzyw sztucznych zaczęli tworzyć zbiory danych wartości DSC OIT dla swoich materiałów, a nie tylko podawali fakt, że te wartości są >20 minut, oraz aby informacje te były rejestrowane przez przedsiębiorstwa wodociągowe.

Wyniki badań trwałości rur polietylenowych opublikowane przez UKWIR – znaczenie dla branży

Uzyskane wyniki badań trwałości rur polietylenowych stały się przełomowe, co ma szczególne znaczenie dla sektora wodnego w Wielkiej Brytanii ze względu na fakt, iż PE jest materiałem pierwszego wyboru przy budowie sieci wodociągowej. Podczas prezentacji wyników raportu na konferencji w Amsterdamie autorzy tak argumentowali istotę tych badań [4].

” Rury wodociągowe z polietylenu (PE) o projektowanej trwałości 50 lat (BS EN 12201) są powszechnie stosowane w brytyjskiej branży wodociągowej od ponad 30 lat. Rury PE są lekkie, elastyczne i niezawodne w porównaniu z innymi materiałami, a brytyjska branża wodociągowa poczyniła znaczne inwestycje w zastąpienie starzejących się żeliwnych sieci wodociągowych tym stosunkowo nowym tworzywem sztucznym. Ponad 30 lat temu firma Severn Trent Water zastosowała dalekowzroczne podejście polegające na ułożeniu dwóch testowych odcinków sieci wodociągowej z rur z tworzywa sztucznego na stacjach pomp w północno-zachodniej Anglii. Zapewniło to unikalną możliwość wydobywania i zbadania odcinków w celu ustalenia długoterminowego pogorszenia stanu w warunkach eksploatacji. Zostało to wykorzystane do zweryfikowania wcześniejszych prac, opartych na przyspieszonych, które wykazały, że można oczekiwać, iż materiały rur PE będą trwać znacznie dłużej niż ich żywotność projektowa.

Polietylen, należący do grupy termoplastów, dzięki swoim wyjątkowym właściwościom umożliwił produkcję systemów rurowych o znakomitych parametrach użytkowych, pozbawionych wad tradycyjnych materiałów, takich jak stal czy żelazo. Rury polietylenowe cechują się odpornością na korozję, działanie większości związków chemicznych oraz ścieranie, a ich elastyczność i zdolność do współpracy z gruntem sprawiają, że są one odporne na ruchy terenu, co umożliwia ich zastosowanie m.in. w trudnych warunkach geologicznych oraz gwarantuje niezawodną pracę w sytuacji powodzi. Dodatkowymi zaletami rur polietylenowych są niski i niezmienny



Rys. 2. Rury do badań wykopane w Great Gates

w czasie współczynnik chropowatości bezwzględnej oraz małe wartości prędkości rozchodzenia się fali uderzeniowej, co zwiększa bezpieczeństwo i obniża koszty eksploatacji rurociągów ciśnieniowych.

Ponadto, rury PE wykazują się wyjątkową odpornością kinetyczną – to jedyny materiał, który jest w stanie przetrwać trzęsienia ziemi. Temat odporności kinetycznej zostanie omówiony szerzej w kolejnym artykule, ponieważ w obecnej sytuacji geopolitycznej zdolność materiałów do przetrwania ewentualnych działań wojennych nabiera coraz większego znaczenia. Dzięki swojej trwałości szacowanej na 160 lat, rury klasy PE100 stanowią nowoczesne i efektywne rozwiązanie inżynieryjne, dlatego są one rekomendowane jako optymalna technologia do budowy i renowacji magistral wodociągowych pod względem kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Literatura

- [1] UK Water Industry Research (UKWIR), Pipe Dream becomes a reality as pipe performance secrets unearthed (2020). <https://ukwir.org/pipe-dream>.
- [2] UK Water Industry Research (UKWIR). <https://ukwir.org/leading-the-water-industry-research-agenda>.
- [3] Cecinati Francesca, Chrystie-Lowe David, Meeus Shana, Sanders Joseph (2020). Long term performance of plastic (PE) pipes. Report Ref. No. 20/WM/03/22 UK Water Industry Research Limited. <https://ukwir.org/long-term-performance-of-plastic-pe-pipes-2>.
- [4] Patrick Campbell, Joanne Claronino, Shana Meeus, Joseph Sanders, David Chrystie-Lowe (2021). UK WATER INDUSTRY RESEARCH REVEALING THE LONGTERM AGEING PERFORMANCE OF POLYETHYLENE (PE), Proceedings of the 20th Plastic Pipes Conference PPXX September 6-8, 2021, Amsterdam, Netherlands. <https://www.pe100plus.com/PPCA/UK-WATER-INDUSTRY-RESEARCH-REVEALING-THE-LONG-TERM-AGEING-PERFORMANCE-OF-POLYETHYLENE-PE-PIPES-p1777.html>.

Edyta Zalewska

Uponor Infra Sp. z o.o.

Więcej na:



www.uponor.com



www.gfps.com



www.linkedin.com/company/18361201/



www.facebook.com/profile.php?id=61558651270591&locale=pl_PL



www.youtube.com/channel/UCAAc3O7OYFb9gaQXuCYBTyQ

Dane kontaktowe:

Uponor Infra Sp. z o.o.



ul. Kolejowa 5/7, 01-217 Warszawa



Edyta Zalewska



+48 604 421 777



infra.pl@uponor.com



uponor

a +GF+ brand

www.uponor.com/pl-pl/infra

Uponor Infra jest częścią grupy Georg Fischer, dywizji GF Piping Systems, globalnego lidera w dziedzinie bezpiecznego i niezawodnego przesyłania wody, substancji chemicznych i gazu. Uponor Infra zajmuje się produkcją systemów rur i kształtek z tworzyw sztucznych (PE i PP), które wykorzystywane są do budowy i renowacji wodociągów i kanalizacji na potrzeby gospodarki komunalnej, drogownictwa i przemysłu.