

# Raport z badań laboratoryjnych

po 9 latach eksploatacji rury preizolowanej  
z barierą dyfuzyjną EVOprotect®



# Niewidoczny wróg efektywności – jak starzeje się izolacja PUR

**Starzenie się izolacji PUR to jeden z kluczowych czynników prowadzących do wzrostu strat ciepła w preizolowanych rurociągach ciepłowniczych.**

Z biegiem lat gazy zamknięte w komórkach pianki PUR (porofory) stopniowo dyfundują przez osłonę PE-HD, a ich miejsce zajmują tlen i azot. W efekcie współczynnik przewodzenia ciepła izolacji może wzrosnąć nawet o ponad

30% (w zależności od średnicy rurociągu), co przekłada się na wyższe straty ciepła w całym okresie eksploatacji.

Zjawisko to ma charakter naturalnego procesu fizykochemicznego, występującego w każdej rurze preizolowanej i stanowi jedno z głównych źródeł stopniowego spadku efektywności energetycznej systemów ciepłowniczych w trakcie ich wieloletniej eksploatacji.

## Ograniczenie starzenia PUR dzięki barierze dyfuzyjnej EVOprotect®

**Technologia EVOprotect® Radpol Pipes znacząco zmniejsza zjawisko dyfuzji gazów dzięki zastosowaniu polimerowej warstwy EVOH, trwale umieszczonej w osłonie PE-HD pomiędzy dwoma warstwami modyfikowanego polietylenu.**

Taka konstrukcja odróżnia EVOprotect® od rozwiązań, gdzie warstwa antydyfuzyjna umieszczona jest pomiędzy pianką PUR a osłoną PE-HD. Umieszczenie bariery pomiędzy warstwami osłony minimalizuje ryzyko jej uszkodzenia. Sumaryczna grubość obu warstw polietylenu i umieszczonej między nimi bariery jest zgodna z wymaganiami PN-EN 253+A1:2024-06 (zwanej dalej PN-EN 253).

Wyróżnikiem systemu EVOprotect® jest również możliwość stosowania bariery dyfuzyjnej EVOH nie tylko w prostych odcinkach rur preizolowanych, ale także w kształtkach (to przewaga, której nie zapewniają rozwiązania typu CONTI).

Odcinki rur osłonowych z barierą z polimeru EVOH wykorzystywane są również do produkcji muf termokurczliwych oraz muf termokurczliwych sieciowanych radiacyjnie, a wyniki badań prowadzonych w akredytowanym laboratorium badawczym Veolia Energia Warszawa S.A. (sprawozdanie z badań: VWAW/DT/TB/20/0511/MA-DPW/2 z dnia 13.02.2021 r.) potwierdzają ich wysoką jakość.

### Kluczowe funkcje bariery dyfuzyjnej EVOprotect®:

- ograniczenie wymiany gazowej pomiędzy komórkami izolacji PUR a otoczeniem,
- utrzymanie stabilnej wartości współczynnika przewodzenia ciepła w czasie,
- zabezpieczenie pianki PUR przed degradacją.

Analizy bilansu strat ciepła pokazują, że pominięcie bariery dyfuzyjnej w kształtkach i złączach preizolowanych obniża efektywność energetyczną całego systemu ciepłowniczego. Potwierdza to konieczność zastosowania bariery dyfuzyjnej w każdym elemencie rurociągu preizolowanego.

## Udoskonalona konstrukcja – technologia trójwarstwowej bariery

**Warstwa zewnętrzna osłony PE-HD** – pełni funkcję ochrony mechanicznej rury preizolowanej.

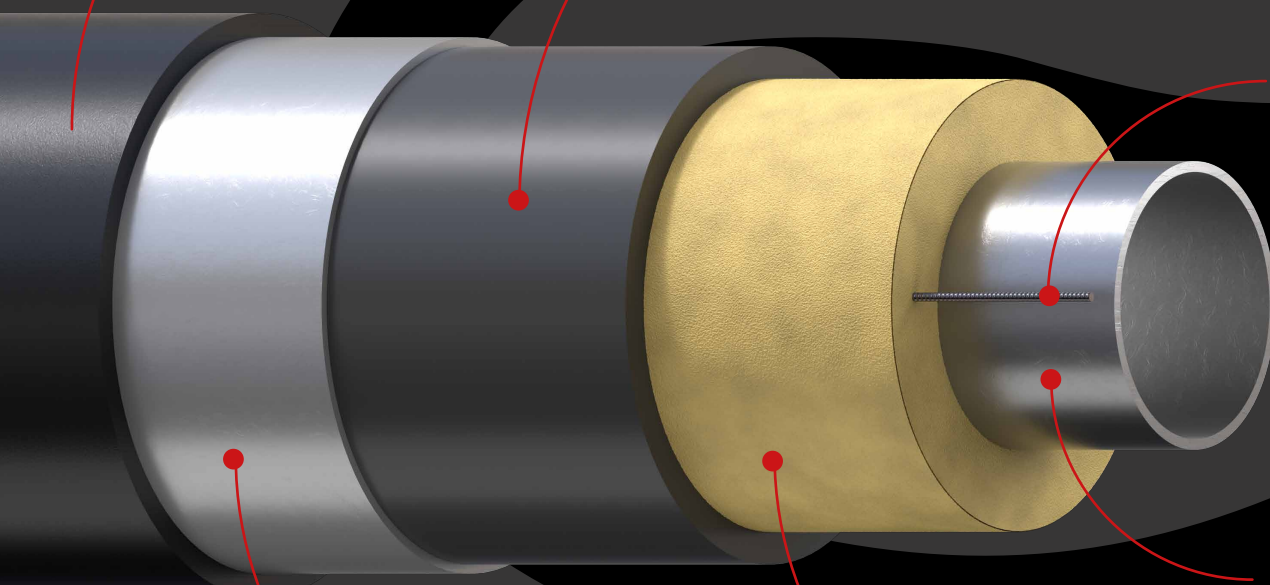
**Warstwa wewnętrzna PE-HD** – chroni barierę dyfuzyjną EVOH. Dzięki procesowi koronowania zwiększa się chropowatość wewnętrznej powierzchni rur PE-HD i poprawia przyczepność osłony do izolacji PUR.

**Przewód alarmowy.**

**Rura przewodowa (stalowa).**

**Warstwa środkowa EVOH (bariera dyfuzyjna)** – umieszczenie bariery pomiędzy warstwami osłony minimalizuje ryzyko jej uszkodzenia.

**Pianka PUR** – spieniana cyklopentanem, poroforem przyjaznym dla środowiska i atmosfery, zapewniającym niski współczynnik przewodzenia ciepła nowej izolacji.



# Niezależna weryfikacja po 9 latach eksploatacji



**W celu potwierdzenia trwałości i jakości rur preizolowanych z barierą dyfuzyjną EVOprotect® pobrano odcinek rury zasilającej DN65/140 mm o długości 2970 mm z przyłącza ciepłowniczego do budynku przy ul. Daszyńskiego w Kielcach. Rurociąg ten jest eksploatowany od października 2016 roku.**

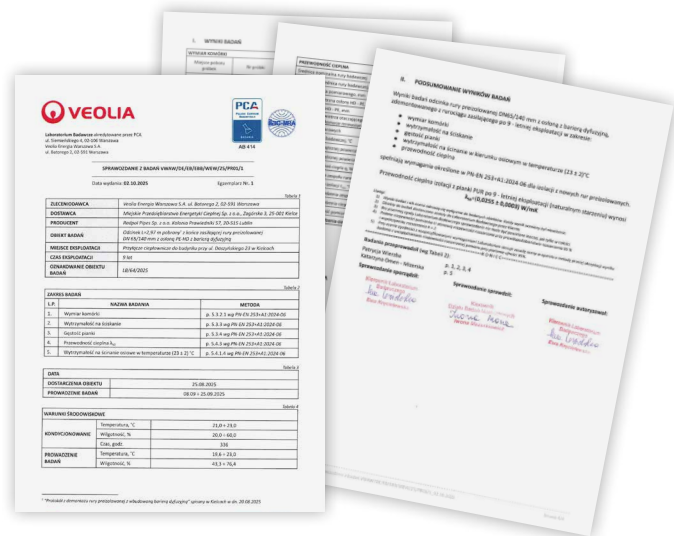
Badania wykonano w akredytowanym laboratorium badawczym Veolia Energia Warszawa S.A., zgodnie z PN-EN 253.

Wyniki zostały udokumentowane w Sprawozdaniu z badań VVAW/DE/EB/EBB/WEW/25/PR01/1 z dnia 02.10.2025 r.

## WYNIKI BADAŃ PO NATURALNYM STARZENIU

Poniższa tabela przedstawia wyniki badań odcinka rury preizolowanej Radpol Pipes z barierą dyfuzyjną EVOprotect® po dziewięciu latach eksploatacji (po naturalnym starzeniu).

Dla porównania zestawiono je z wymaganiami PN-EN 253.



Parametr	Wymagania PN-EN 253	Wyniki badań po 9 latach eksploatacji	Ocena jakości
Współczynnik przewodzenia ciepła izolacji $\lambda_{s0}$ , W/mK	$\leq 0,0290$	0,0255	niższy o 12% niż wymagany dla nowej izolacji
Gęstość pianki, kg/m <sup>3</sup>	$\geq 55$	69,6	spełnia kryterium określone w normie
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	$\geq 0,30$	0,35	spełnia kryterium określone w normie
Wytrzymałość na ścinanie osiowe w temperaturze pokojowej, MPa	$\geq 0,12$	0,30	spełnia kryterium określone w normie
Wymiar komórki, mm	$\leq 0,5$	0,33	spełnia kryterium określone w normie

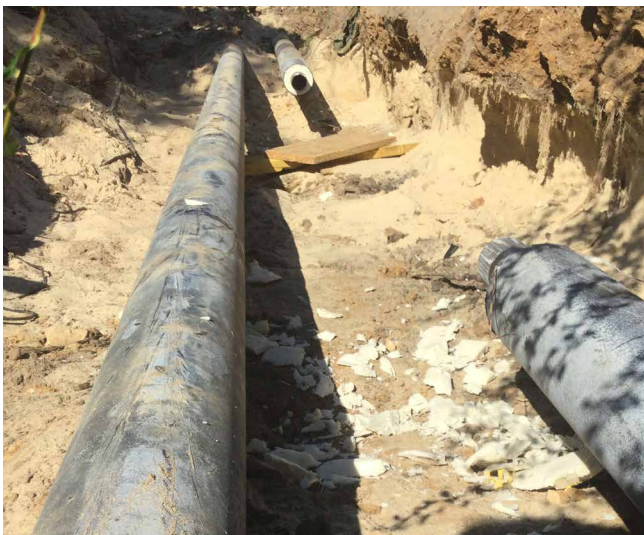
## Właściwości cieplne izolacji PUR

**Skuteczność bariery dyfuzyjnej EVOprotect® potwierdza wynik badania** współczynnika przewodzenia ciepła izolacji po naturalnym starzeniu:  $\lambda_{50} = 0,0255 \text{ W/mK}$ .

Wartość ta jest o ponad 12% niższa od wartości granicznej  $\lambda_{50} = 0,0290 \text{ W/mK}$  określonej w PN-EN 253 dla izolacji nowych rur preizolowanych.

**Po dziewięciu latach eksploatacji izolacja zachowała parametry porównywalne z nową rurą preizolowaną.** Wynik badań potwierdza skuteczność bariery EVOprotect® w ograniczaniu dyfuzji gazów i utrzymaniu stabilnych właściwości cieplnych izolacji PUR.

*„Po dziewięciu latach w warunkach eksploatacyjnych, izolacja nadal spełnia wysokie parametry normy. Praktycznie nie zaobserwowaliśmy degradacji – pianka zachowała strukturę komórkową, a współczynnik przewodzenia ciepła pozostał stabilny. Wyniki badań potwierdzają skuteczność bariery dyfuzyjnej EVOprotect® i wskazują na długoterminową niezawodność rozwiązania” – Jarosław Żuchowski, Prezes Zarządu Radpol Pipes Sp. z o.o.*



Przewodność cieplna izolacji z pianki PUR z rury preizolowanej z osłoną EVOprotect® po 9-letniej eksploatacji wynosi:

**$\lambda_{50} = 0,0255 \text{ W/mK}$**



## Stabilność mechaniczna i integralność konstrukcji

Po dziewięciu latach eksploatacji rura z barierą EVOprotect® zachowała pełną integralność mechaniczną.

**Wytrzymałość na ścinanie osiowe** w temperaturze pokojowej wyniosła  **$\sigma_{ax} = 0,30 \text{ MPa}$** , czyli ponad dwukrotnie więcej niż minimalna wartość normatywna  $\sigma_{ax} = 0,12 \text{ MPa}$  dla nowych rur preizolowanych.

**Nie stwierdzono utraty przyczepności pianki PUR** ani do rury stalowej, ani do osłony PE-HD. Uzyskane wyniki dowodzą, że rura zachowuje monolityczną strukturę odporną na obciążenia gruntu.

## CASE STUDY

# Bilans strat ciepła w przykładowej sieci ciepłowniczej

Wszystkie przedstawione obliczenia wykonano dla referencyjnego odcinka sieci ciepłowniczej o długości 973,5 m, odwzorowującego typowy układ osiedlowy z zakresem średnic od DN32 do DN125. Całkowita długość rurociągów została przyjęta jako dwukrotność tej wartości – uwzględniając zarówno przewody zasilające, jak i powrotne.

Straty ciepła obliczono zgodnie z metodologią PN-EN 13941-1+A1:2022-05.

### DO OBLICZEŃ PRZYJĘTO NASTĘPUJĄCE ZAŁOŻENIA:

- rury pojedyncze ułożone w gruncie, przykrycie  $H = 1$  m,
- temperatura gruntu  $T_s = 8$  °C,
- temperatura w sezonie grzewczym  $T = 78,5/42$  °C (zasilanie/powrót),
- temperatura poza sezonem grzewczym  $T = 70/40$  °C (zasilanie/powrót),
- 220 dni sezonu grzewczego oraz 145 dni poza sezonem,
- współczynnik przewodzenia ciepła gruntu  $\lambda_c = 1,6$  W/mK,
- współczynnik przewodzenia ciepła nowej pianki poliuretanowej w rurach preizolowanych (z barierą i bez bariery)  $\lambda_{50} = 0,0262$  W/mK – wartość obliczeniowa przyjmowana w analizach wg PN-EN 13941-1; dla porównania wynik badań próbki rury po 9 latach eksploatacji wyniósł  $\lambda_{50} = 0,0255$  W/mK, co potwierdza
- stabilność właściwości izolacyjnych w czasie,
- wartości współczynników przewodzenia ciepła  $\lambda_{50}$  izolacji PUR po starzeniu (w okresie eksploatacji) w rurach preizolowanych z osłoną bez bariery dyfuzyjnej oraz z barierą dyfuzyjną, przyjęto w oparciu o tabelę 6 z publikacji E. Kręcielewska, A. Starobrat, I. Iwko, Sposoby obliczania strat ciepła wg PN-EN 13941-1 w systemach rur preizolowanych pojedynczych i podwójnych. Część 1: Metodyka i założenia, Magazyn Instal, 2024, nr 9, s. 14–23,
- izolacja STANDARD na rurociągach zasilających i powrotnych.

Model obejmuje zarówno odcinki proste (77%), jak i kształtki, odgałęzienia oraz złącza preizolowane (23%), które mają istotny udział w całkowitych stratach ciepła.

### PORÓWNYWANE WARIANTY

- rury bez bariery dyfuzyjnej,
- rury EVOprotect® z pełną barierą dyfuzyjną na całej długości, łącznie z kształtkami i mufami.

### CENA CIEPŁA W MODELU

**134,97 PLN/GJ – wartość referencyjna** odpowiadająca średniej cenie wytwarzania ciepła z mechanizmem rekompensaty obowiązującej w okresie 1 stycznia – 30 czerwca 2025 r., odzwierciedlająca poziom kosztów energii w systemach ciepłowniczych obsługujących odbiorców komunalnych i użyteczności publicznej.



## ZESTAWIENIE WYNIKÓW KALKULACJI STRAT CIEPŁA ORAZ EFEKTÓW EKONOMICZNYCH (30-LETNIEGO OKRESU EKSPLOATACJI)

Wymiary rury preizolowanej	Długość odcinka sieci [m]	Straty ciepła bez bariery A [GJ]	Straty ciepła z barierą B [GJ]	Różnica A-B [GJ]	Zmiana 100(A-B)/A
DN32/110 mm	105	2022	1732	290	14,34%
DN40/110 mm	233	5206	4432	774	14,87%
DN50/125 mm	142	3498	3012	486	13,89%
DN65/140 mm	95	2739	2371	368	13,44%
DN80/160 mm	69	2007	1763	244	12,16%
DN100/200 mm	200	5975	5371	604	10,11%
DN125/225 mm	129	4452	4025	427	9,59%
<b>Suma</b>	<b>973,5</b>	<b>25899</b>	<b>22706</b>	<b>3193</b>	<b>12%</b>
<b>Koszt ciepła straconego [tys. zł]</b>		<b>3496</b>	<b>3 064</b>	<b>431</b>	<b>~12,3%</b>

### KORZYŚCI W LICZBACH

Dla analizowanej struktury sieci ciepłowniczej zastosowanie bariery dyfuzyjnej EVOprotect® przekłada się na mierzalne korzyści.

**Ponad 12% mniej strat ciepła** – dzięki temu, że izolacja PUR w rurach EVOprotect® zachowuje swoje właściwości przez dekady,

**431 tys. zł oszczędności** na jednym kilometrze sieci w ciągu 30 lat – przy referencyjnej cenie ciepła.

## REDUKCJA CAŁKOWITEGO KOSZTU POSIADANIA (TCO<sup>1</sup>)

**Wyniki analizy finansowej dostarczają argumentów ekonomicznych dla inwestorów i operatorów sieci ciepłowniczych.**

Straty ciepła podczas przesyłu stanowią realny składnik kosztu operacyjnego (OPEX<sup>2</sup>), który wprost wpływa na poziom TCO sieci ciepłowniczej. W zależności od stanu technicznego infrastruktury oraz jakości izolacji PUR mogą one obejmować od kilku do kilkudziesię-

ciu procent energii wprowadzonej do systemu. Dlatego utrzymanie stabilnych parametrów izolacyjnych w długim okresie eksploatacji ma kluczowe znaczenie ekonomiczne.

Stała, niska wartość współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_{50}$  oznacza mniejsze straty przesyłowe i niższe zapotrzebowanie na energię potrzebną do ich pokrycia. W praktyce operator potrzebuje mniej ciepła do kompensowania strat.

Zależność ekonomiczna jest prosta:

**mniejsze straty ciepła → niższy OPEX → niższy TCO infrastruktury**

1. Całkowity koszt posiadania (Total Cost of Ownership -TCO) – koszt pozyskania, instalowania, użytkowania, utrzymywania i w końcu pozbycia się aktywów w firmie na przestrzeni określonego czasu
2. Operating Expenditure lub Operational Expenditure (OPEX) to koszty operacyjne, czyli bieżące koszty związane z funkcjonowaniem, utrzymaniem i eksploatacją infrastruktury lub działalności.

## Wybór bez kompromisów

Niezależne badania rury preizolowanej z barierą dyfuzyjną EVOprotect®, po dziewięciu latach eksploatacji, jednoznacznie potwierdziły skuteczność tego rozwiązania.

Izolacja PUR, mimo blisko dekady pracy w warunkach eksploatacyjnych, wciąż spełnia wymagania PN-EN 253, zachowując parametry cieplne i mechaniczne typowe dla nowych rur.

Stabilność przewodności cieplnej oraz wysoka wytrzymałość mechaniczna dowodzą, że technologia EVOprotect® gwarantuje długą efektywność energetyczną i niezawodność eksploatacyjną. **Dla inwestorów i operatorów sieci ciepłowniczych to realne korzyści.**

**TOP  
QUALITY  
IN EVERY  
LAYER.**



 **RADPOL**  
PIPES

### Skontaktuj się z nami

Radpol Pipes Sp. z o.o.

Kolonia Prawiedniki 57, 20-515 Lublin

tel. +48 81 750 01 70

e-mail: [info@radpolpipes.eu](mailto:info@radpolpipes.eu)

[www.radpolpipes.eu](http://www.radpolpipes.eu)