ThermoNetz

RADPOL PIPES

Laborprüfergebniss

Rohres mit EVOprotect® -Diffusionsbarriere nach neun Jahren Betriebsdauer

www.thermonetz.ch | www.radpolpipes.eu

Alterung der PUR-Dämmung als Ursache steigender Wärmeverluste

Die Alterung der PUR-Dämmung ist einer der wesentlichen Mechanismen, die zu erhöhten Wärmeverlusten in vorgedämmten Fernwärmeleitungen führen.

Im Laufe der Zeit diffundieren die in der geschlossenzelligen Struktur des PUR-Schaums eingeschlossenen Treibgase allmählich durch den HDPE-Mantel nach außen, während atmosphärische Gase wie Sauerstoff und Stickstoff nach innen diffundieren. Infolgedessen kann sich die Wärmeleitfähigkeit der Dämmung um mehr als 30 % erhöhen (abhängig vom Rohrdurchmesser), was sich direkt in höheren linearen Wärmeverlusten über die gesamte Betriebsdauer niederschlägt. Dieses Phänomen ist ein natürlicher physikalisch-chemischer Vorgang, der in allen vorgedämmten Rohrsystemen auftritt, und stellt eine der Hauptursachen für die schrittweise Verringerung der dauerhaften Energieeffizienz von Fernwärmenetzen dar.

Begrenzung der PUR-Alterung durch die EVOprotect®-Diffusionsbarriere

Die von Radpol Pipes entwickelte EVOprotect®-Technologie reduziert die Gasdiffusion deutlich, indem eine polymere EVOH-Schicht dauerhaft in den HDPE-Mantel integriert wird, die zwischen zwei Schichten modifizierten Polyethylens angeordnet ist.

Diese Konstruktion unterscheidet sich grundlegend von Lösungen, bei denen die Antidiffusionsschicht zwischen dem PUR-Schaum und dem Außenmantel positioniert ist. Die Anordnung der Barriere innerhalb der Mantelwand minimiert das Risiko mechanischer Beschädigungen während der Verlegung und des Betriebs. Die Gesamtdicke beider Polyethylenschichten zusammen mit der integrierten

Hauptfunktionen der EVOprotect® -Diffusionsbarriere:

- Begrenzung des Gasaustauschs zwischen der Zellstruktur der PUR-Dämmung und der Umgebung
- langfristige Stabilität der Wärmeleitfähigkeit der Dämmung
- Schutz des PUR-Schaums vor physikalisch-chemischer Degradation

253+A1:2024-06 (nachfolgend EN 253).

Ein besonderes Merkmal des EVOprotect®-Systems ist die Möglichkeit, die EVOH-Diffusionsbarriere nicht nur in geraden Rohrabschnitten, sondern auch in vorgefertigten Formteilen einzusetzen – ein Vorteil, der bei CONTI-Mantellösungen nicht gegeben ist.

Mantelrohrabschnitte mit integrierter EVOH-Barriere werden außerdem zur Herstellung von Schrumpfmuffen sowie strahlenvernetzten Schrumpfmuffen verwendet. Prüfergebnisse des akkreditierten Forschungslabors der Veolia Energia Warszawa S.A. (Prüfbericht VWAW/DT/TB/20/0511/MA-DPW/2 vom 13.02.2021) bestätigen deren hohe Qualität und Leistungsfähigkeit.

Analysen der Wärmeverlustbilanz zeigen, dass der Verzicht auf eine Diffusionsbarriere in Formteilen und vorgedämmten Verbindungen die Gesamtenergieeffizienz des Fernwärmesystems verringert. Dies bestätigt die technische Notwendigkeit einer konsequenten Anwendung der Diffusionsbarriere in allen Komponenten des vorgedämmten Rohrleitungssystems.

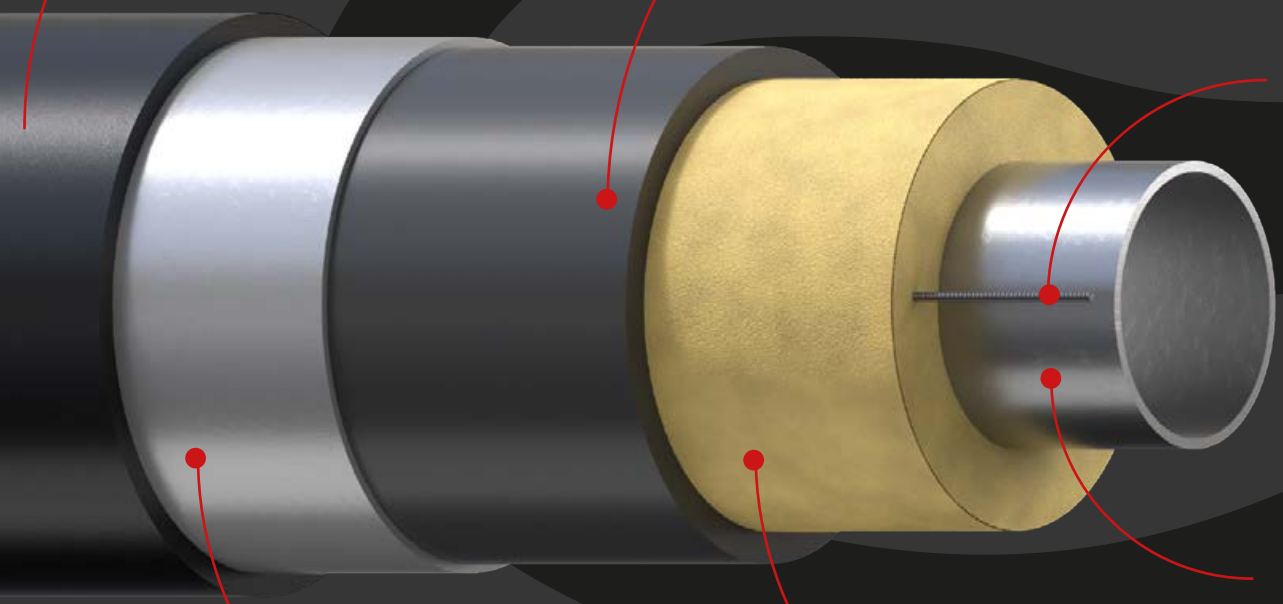
ThermoNetz

RADPOL PIPES

Verbessertes Design – Dreischichtige Barrieretechnologie

Außenschicht des HDPE – Mantelrohrs (nicht zu verwechseln mit einem Schutzmantel) – dient als mechanische Schutzschicht des vorgedämmten Rohrsystems gegenüber äußeren Einwirkungen während Transport, Verlegung und Betrieb.

Innere HDPE-Schicht – schützt die EVOH-Diffusionssperre. Durch die Corona-Vorbehandlung wird die Oberflächenenergie des HDPE erhöht, wodurch die Haftfestigkeit zwischen Mantelrohr und PUR-Dämmstoff signifikant verbessert wird.



Alarmleitungen.

Mediumrohr (Stahl).

EVOH-Schicht (Diffusionssperre) – die Anordnung der Sperrschicht innerhalb der Mantelstruktur (zwischen den HDPE-Schichten) reduziert das Risiko mechanischer Beschädigungen und gewährleistet eine langfristige Begrenzung der Sauerstoffdiffusion in den PUR-Dämmstoff.

PUR-Hartschaum – mit Cyclopentan als Treibmittel geschäumter Polyurethan-Hartschaum unter Verwendung eines umweltverträglichen, FCKW-freien Treibsystems; sorgt für eine niedrige Wärmeleitfähigkeit der neuen Dämmung und stabile wärmetechnische Eigenschaften.

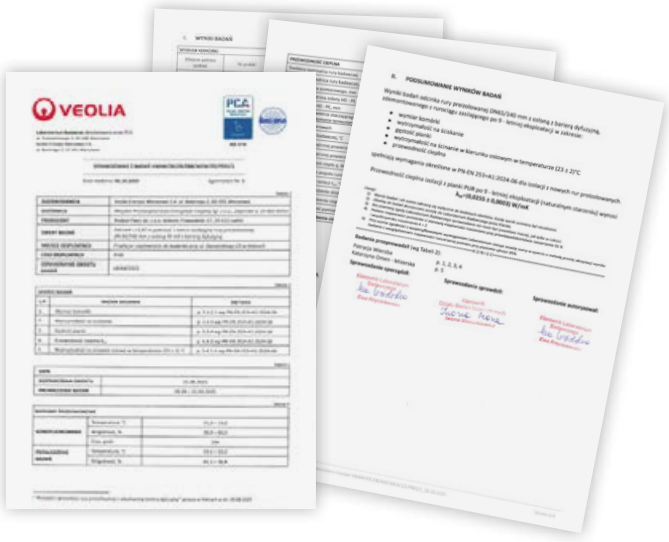
Unabhängige Verifizierung nach 9 Jahren Betriebsdauer

Zur Überprüfung der Langzeitbeständigkeit und Leistungsfähigkeit von vorgedämmten Rohren mit EVOprotect® - Diffusionsbarriere wurde ein 2970 mm langer Abschnitt einer DN65/140-Vorlaufleitung aus einem Hausanschluss in der ul. Daszyńskiego in Kielce (Polen) entnommen. Der Leitungsabschnitt befindet sich seit Oktober 2016 durchgehend in Betrieb.

PRÜFERGEBNISSE NACH NATÜRLICHER ALTERUNG

Die nachstehende Tabelle enthält die Prüfergebnisse des untersuchten Rohrabschnitts von Radpol Pipes mit EVOprotect®-Diffusionsbarriere nach neun Jahren Betriebsdauer (natürliche Alterung). Zum Vergleich werden die Ergebnisse den in EN 253 festgelegten Anforderungen gegenübergestellt.

Die Prüfungen wurden vom akkreditierten Forschungslabor der Veolia Energia Warszawa S.A. gemäß EN 253 durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht Nr. VWAW/DE/EB/EBB/WEW/25/PR01/1 vom 02.10.2025 dokumentiert.



Parameter	Anforderung nach EN 253	Prüfergebnisse nach 9 Jahren Betriebsdauer	Qualitätsbewertung
Wärmeleitfähigkeit der Dämmung λ_{50}, W/mK	≤ 0,0290	0,0255	12 % niedriger als der in der Norm für neue Dämmung festgelegte Grenzwert
Rohdichte des Schaums, kg/m³	≥ 55	69,6	erfüllt die in der Norm festgelegte Anforderung
Druckfestigkeit, MPa	≥ 0,30	0,35	erfüllt die in der Norm festgelegte Anforderung
Axiale Scherfestigkeit bei Umgebungstemperatur, MPa	≥ 0,12	0,30	erfüllt die in der Norm festgelegte Anforderung
Zellgröße, mm	≤ 0,5	0,33	erfüllt die in der Norm festgelegte Anforderung

Thermische Eigenschaften der PUR-Dämmung

Die Wirksamkeit der EVOprotect® - Diffusionsbarriere wird durch den gemessenen Wert der Wärmeleitfähigkeit der Dämmung nach natürlicher Alterung bestätigt: λ_{50} = 0,0255 W/mK.

Dieser Wert liegt um mehr als 12 % unter dem in EN 253 festgelegten Grenzwert von λ_{50} = 0,0290 W/mK für die Dämmung neu hergestellter vorisolierter Rohre.

Nach neun Betriebsjahren behielt die Dämmung wärmetechnische Kennwerte bei, die mit denen eines neuen vorisolierten Rohres vergleichbar sind. Die Prüfergebnisse zeigen, dass die EVOprotect®-Barriere die Gasdiffusion wirksam begrenzt und zur Aufrechterhaltung stabiler wärmetechnischer Eigenschaften der PUR-Dämmung im Zeitverlauf beiträgt.

„Nach neun Jahren unter Betriebsbedingungen erfüllt die Dämmung weiterhin hohe normbezogene Leistungsparameter. Praktisch wurde keine Degradation festgestellt – der Schaum behielt seine Zellstruktur bei, und die Wärmeleitfähigkeit blieb stabil. Die Prüfergebnisse bestätigen die Wirksamkeit der EVOprotect®-Diffusionsbarriere und weisen auf die langfristige Zuverlässigkeit der Lösung hin" – Jarosław Żuchowski, Geschäftsführer, Radpol Pipes sp. z o.o.

ThermoNetz RADPOL PIPES

Die Wärmeleitfähigkeit der PUR-Schaum-Dämmung im vorgedämmten Rohr mit EVOprotect®-Mantel beträgt nach 9 Jahren Betriebsdauer:

λ_{50} = 0,0255 W/mK

Stabilität der mechanischen Eigenschaften und der strukturellen Integrität

Nach neun Jahren Betriebsdauer behielt das mit der EVOprotect®-Diffusionsbarriere ausgestattete Rohr seine vollständige mechanische Integrität bei.

Die axiale Scherfestigkeit bei Umgebungstemperatur betrug tax = 0,30 MPa, und liegt damit bei mehr als dem Doppelten des für neue vorgedämmte Rohre festgelegten Mindestwert gemäß Norm von tax = 0,12 MPa.

Es wurde kein Haftungsverlust des PUR--Schaums zum Stahlmediumrohr und zum HDPE -Mantel festgestellt. Die erzielten Ergebnisse bestätigen, dass das Rohr eine monolithische Struktur beibehält, die in der Lage ist, Bodenlasten während des langfristigen Betriebs aufzunehmen.

FALLSTUDIE

Wärmeverlustbilanz in einem Referenz-Fernwärmenetz

Alle dargestellten Berechnungen wurden für einen Referenzabschnitt eines Fernwärmenetzes mit einer Trassenlänge von insgesamt 973,5 m durchgeführt, der eine typische Wohngebietsverteilung mit Rohrdurchmessern im Bereich von DN32 bis DN125 repräsentiert. Die Gesamtlänge der Rohrleitung wurde als das Doppelte dieses Wertes angesetzt, wobei sowohl Vorlauf- als auch Rücklaufleitungen berücksichtigt wurden.
Die Wärmeverluste wurden gemäß der in EN 13941-1+A1:2022-05 festgelegten Methodik berechnet.

FÜR DIE ANALYSE WURDEN FOLGENDE ANNAHMEN GETROFFEN:

- einzelne vorgedämmte Rohrleitungen im Erdreich verlegt, Verlegetiefe H = 1 m
- Bodentemperatur Ts = 8 °C
- Temperaturregime in der Heizperiode T = 78,5/42 °C (Vorlauf/Rücklauf)
- Temperaturregime außerhalb der Heizperiode T = 70/40 °C (Vorlauf/Rücklauf)
- 220 Tage Heizperiode und 145 Tage außerhalb der Heizperiode
- Wärmeleitfähigkeit des Bodens λc = 1,6 W/mK
- Wärmeleitfähigkeit der neuen PUR-Dämmung in vorgedämmten Rohren (mit und ohne Diffusionsbarriere) λ_{50} = 0,0262 W/mK – Berechnungswert gemäß EN 13941-1; zum Vergleich betrug der gemessene Wert für die Rohrprobe nach 9 Jahren Betriebsdauer λ_{50} = 0,0255 W/mK, was die langfristige Stabilität der wärmetechnischen Eigenschaften bestätigt
- Wärmeleitfähigkeitswerte der gealterten PUR-Dämmung (λ_{50}) für vorgedämmte Rohre mit und ohne Diffusionsbarriere wurden auf Grundlage von Tabelle 6 aus: E. Kręcielewska, A. Starobrat, I. Iwko, Methoden zur Berechnung von Wärmeverlusten nach EN 13941-1 in Ein- und Doppelrohrsystemen mit vorgedämmten Rohren. Teil 1: Methodik und Annahmen, Magazyn Instal, 2024, Nr. 9, S. 14–23, übernommen
- Dämmklasse STANDARD sowohl für Vorlauf- als auch für Rücklaufleitungen

Modell umfasst sowohl gerade Rohrabschnitte (ca. 77 %) als auch Formteile, Abzweige und vorgedämmte Verbindungen (ca. 23 %), die einen wesentlichen Anteil an den Gesamtwärmeverlusten haben.

VERGLICHENE VARIANTEN

- Rohre ohne Diffusionsbarriere,
- EVOprotect®-Rohre mit durchgehender Diffusionsbarriere entlang der gesamten Rohrleitung, einschließlich Formteilen und Verbindungen.

EIGENE EINSPARUNGEN BERECHNEN

Die folgenden Werte zeigen die potenziellen Energieeinsparungen durch den Einsatz von vorgedämmten Rohren mit EVOprotect®-Diffusionsbarriere. Da die Wärmeerzeugungskosten zwischen Fernwärmesystemen variieren, sollte der wirtschaftliche Nutzen für jedes Projekt individuell bewertet werden.

Einsparung [€] = Eingesparte Energie [MWh] × Grenzkosten der Wärmeerzeugung des Betreibers [€/MWh]

ThermoNetz

RADPOL PIPES

ZUSAMMENFASSUNG DER WÄRMEVERLUSTBERECHNUNGEN UND DER WIRTSCHAFTLICHEN AUSWIRKUNGEN (BETRIEBSDAUER 30 JAHRE)

Rohrdimension	Trassenlänge [m]	Wärmeverluste ohne Barriere A [GJ]	Wärmeverluste mit EVOprotect® -Barriere B [GJ]	Differenz A–B [GJ]	Reduktion 100(A–B)/A
DN32/110 mm	105	2 022	1 732	290	14,34 %
DN40/110 mm	233	5 206	4 432	774	14,87 %
DN50/125 mm	142	3 498	3 012	486	13,89 %
DN 65/140 mm	95	2 739	2 371	368	13,44 %
DN80/160 mm	69	2 007	1 763	244	12,16 %
DN100/200 mm	200	5 975	5 371	604	10,11 %
DN125/225 mm	129	4 452	4 025	427	9,59 %
Summe	**973,5**	**25 899**	**22 706**	**3 193**	**≈ 12,3 %**

VORTEILE IN ZAHLEN

Für die analysierte Struktur des Fernwärmenetzes führt der Einsatz der EVOprotect®-Diffusionsbarriere zu messbaren Vorteilen.

Mehr als ≈12 % Reduktion der Wärmeverluste – bedingt durch die langfristige Stabilität der wärmetechnischen Eigenschaften der PUR-Dämmung in EVOprotect®-Rohren,

zur Vergleichbarkeit und Skalierbarkeit wurden die Energieeinsparungen auf einen Kilometer Netzlänge normiert: **3 193 GJ / 0,9735 km = 3 279 GJ/ km ≈ 911 MWh/km über 30 Jahre**.

REDUKTION DER GESAMTBETRIEBSKOSTEN (TCO)

Die Ergebnisse der finanziellen Analyse liefern wirtschaftliche Argumente für Investoren und Betreiber von Fernwärmenetzen.

Wärmeverluste während der Übertragung stellen einen realen Bestandteil der Betriebsausgaben (OPEX) dar und beeinflussen direkt die Gesamtbetriebskosten (TCO) der Fernwärmeinfrastruktur. Abhängig vom technischen Zustand der Infrastruktur und der Qualität der PUR-Dämmung können sie mehrere bis mehrere zehn Prozent der in das System eingespeisten Energie ausmachen. Daher ist die Aufrechterhaltung stabiler Dämmparameter über einen langen Betriebszeitraum von wesentlicher wirtschaftlicher Bedeutung.
Ein niedriger Wert des Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten λ_{50} bedeutet geringere Übertragungsverluste und einen geringeren Energieeinsatz zu deren Deckung. In der Praxis benötigt der Betreiber weniger Wärme, um die Verluste auszugleichen.

Der wirtschaftliche Zusammenhang ist eindeutig:

geringere Wärmeverluste → geringere OPEX → niedrigere TCO der Infrastruktur

Wahl ohne Kompromisse

Unabhängige Prüfungen an einem vorgedämmten Rohr mit EVOprotect®-Diffusionsbarriere nach neun Jahren Betriebsdauer haben die Wirksamkeit dieser Lösung eindeutig bestätigt.

Trotz nahezu eines Jahrzehnts Betriebs unter Einsatzbedingungen erfüllt die PUR-Dämmung weiterhin die Anforderungen der EN 253 und behält wärmetechnische sowie mechanische Parameter bei, die für neue Rohre typisch sind.

Die Stabilität der Wärmeleitfähigkeit und die hohe mechanische Festigkeit belegen, dass die EVOprotect®-Technologie eine dauerhafte Energieeffizienz und Betriebssicherheit gewährleistet.

Für Investoren und Betreiber von Fernwärmenetzen stellen dies konkrete Vorteile dar.

TOP QUALITY IN EVERY LAYER.

ThermoNetz

RADPOL PIPES

Kontakt

ThermoNetz AG
Rothusstrasse 21,
6331 Hünenberg, Schweiz
Telefon: +41 76 262 88 47
E-Mail: info@thermonetz.ch
Webseite: www.thermonetz.ch