

# BEZDEFEKTOWE POWŁOKI IZOLACYJNE PODZIEMNYCH RUROCIĄGÓW

Rawa Mazowiecka, 11. 05. 2017 r.

system, który łączy



## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Bezdefektowe powłoki izolacyjne w wielu wypadkach są wymagane, wskazanym bądź jedynym skutecznym zabezpieczeniem przeciwkorozyjnym

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Zasada generalna ochrony przeciwkorozyjnej podziemnych metalowych konstrukcji jest następująca:

jeśli nie jest stosowana ochrona katodowa, to warunkiem skutecznej ochrony przeciwkorozyjnej jest utrzymywanie powłoki izolacyjnej w stanie bez defektów

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

### PONADTO :

- Bezdefektowe powłoki izolacyjne są najpewniejszym zabezpieczeniem przed korozją powodowaną przez prąd przemienny
- Bezdefektowe powłoki izolacyjne są wskazane na skrzyżowaniach nowo budowanych podziemnych rurociągów metalowych z trakcją elektryczną
- Wskazane są również na obszarach, na których występuje zagrożenie korozją mikrobiologiczną
- Korzystne jest, jeśli powłoki izolacyjne stalowych odcinków rurociągów ułożonych w rurach otaczających – będą szczelne
- Celowe jest, aby nowe rurociągi stalowe były pokryte szczelnymi powłokami izolacyjnymi, jeśli ze względu na małą długość będą one bezpośrednio, bez zastosowania złączy izolujących, połączone z istniejącymi/starymi rurociągami zabezpieczonymi ochroną katodową, pokrytymi powłokami izolacyjnymi złej jakości

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

W gazownictwie:

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie dopuszcza, w pewnych sytuacjach, niestosowanie ochrony katodowej pod warunkiem zastosowania odpowiednio dobranych, całkowicie szczelnych powłok izolacyjnych (dla nowo budowanych gazociągów o maksymalnym ciśnieniu roboczym (MOP) do 0,5 MPa włącznie i o długościach nie większych niż 200 m, połączonych z istniejącymi gazociągami bez ochrony katodowej, oraz dla przyłączy o maksymalnym ciśnieniu roboczym do 0,5 MPa włącznie, wyprowadzonych z istniejących gazociągów bez ochrony katodowej)

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Definicja defektu wg PN-EN 12954:

### **Defekt powłoki**

miejscowy ubytek powłoki ochronnej  
(np. dziury, porowatość)

(coating defect – deficiency in the protective coating (e.g. holidays, porosity))

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Definicja uszkodzenia powłoki wg PN-EN 12954:

### **Uszkodzenie powłoki**

nieszczelność powłoki ochronnej, w której odstonięty metal styka się ze środowiskiem

(holiday – defect in a protective coating at which metal is exposed to the environment)

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Sprawą dyskusyjną jest umieszczenie w definicji defektu (nieciągłości) porów w powłoce. Czy naturalne mikropory są defektami?

Na podstawie zasady (metody) stwierdzania szczelności powłoki izolacyjnej przed zasypaniem można (błędnie?) stwierdzić, że chyba naturalne mikropory w powłoce, które nie są wykrywane podczas takiego badania, nie są defektami.



## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Definicje defektu (dziury) zawarte w PN-EN ISO 21809-1 i w PN-EN ISO 21809-3 są inne (czy właściwe?):

### **holiday**

coating discontinuity that exhibits electrical conductivity when exposed to a specific voltage

(nieciągłość powłoki izolacyjnej, wykazująca przewodnictwo elektryczne przy badaniu odpowiednim napięciem elektrycznym)

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów



## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów





## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

**Badanie poroskopem (jeśli jest wykonywane) nie wykrywa wszystkich nieszczelności/nie daje gwarancji, iż po zasypaniu powłoka będzie bez defektów:**

- nie wykrywa nieszczelności występujących pod wadliwie nałożoną na placu budowy powłoką izolacyjną na połączeniu spawanym rur, w postaci szczelin podpowłokowych
- nie wykrywa nieszczelności występujących pod wadliwie nałożoną na placu budowy naprawczą powłoką izolacyjną na defekcie powłoki
- podczas zasypywania może dochodzić, i często dochodzi, do mechanicznego uszkodzenia powłoki

Dlatego istotne jest badanie izolacji po zasypaniu i stosowanie właściwych kryteriów odbiorowych, w tym kryteriów szczelności, jeśli powłoka izolacyjna ma być szczelna

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Za defekty powinny być uznawane te wady powłok, poprzez które elektrolit może docierać do metalowej powierzchni rurociągu

Powłoka bezdefektowa to powłoka bez ww. defektów

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

**W gazownictwie ww. Rozporządzenie przewiduje dwuetapowe badania szczelności powłok budowanych gazociągów :**

- przed zasypaniem, za pomocą poroskopu wysokonapięciowego o odpowiednim napięciu (to badanie wymaga dostępu do powierzchni gazociągu, dlatego wykonuje się je przed zasypaniem)
- po zasypaniu – poprzez pomiary jednostkowej rezystancji przejścia (powinna ona być zgodna z kryterium określonym w dokumentacji projektowej)

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

### Kryteria bezdefektywności powłoki izolacyjnej

#### Przed zasypaniem:

- wynik badania szczelności powłoki za pomocą wysokonapięciowego poroskopy iskrowego wskazujący na brak nieszczelności w powłoce (brak wyładowań/iskier pomiędzy elektrodą badawczą poroskopy a pokrytym powłoką metalem), z zastrzeżeniem podanym wcześniej

#### Po zasypaniu:

- przyjmuje się, iż powłokę izolacyjną można uznać za bezdefektową, jeśli jednostkowa rezystancja powłoki izolacyjnej odcinka rurociągu jest nie mniejsza niż określona wartość właściwa dla rodzaju powłoki badanej
- powłokę izolacyjną można również uznać za bezdefektową, jeśli wynik badania wykrywającego/lokalizującego defekty odpowiednią metodą wskazuje na brak defektów (niewykrycie defektów)

**Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów**

## **Wykazywanie/badanie szczelności powłoki przed zasypaniem**



## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Napięcia, przy których powinny być wykonywane badania szczelności powłoki, zależą od rodzaju powłoki i jej grubości. Są one określone w normach przedmiotowych dotyczących poszczególnych rodzajów powłok.

Badanie poroskopem nie ma na celu sprawdzenie wytrzymałości dielektrycznej materiału izolacyjnego – ma na celu wykrycie nieszczelności w powłoce.

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Rodzaj powłoki	Norma <sup>1)</sup>	Napięcie badania szczelności <sup>1)</sup>
Trójwarstwowe wytłaczane powłoki polietylenowe na rurach	PN-EN ISO 21809-1 [5]	10 kV/mm, nie więcej niż 25 kV
Trójwarstwowe wytłaczane powłoki polipropylenowe na rurach	PN-EN ISO 21809-1 [5]	10 kV/mm, nie więcej niż 25 kV
Dwuwarstwowe wytłaczane powłoki polietylenowe na rurach	PN-EN 10288 [8]	10 kV/mm, nie więcej niż 25 kV
Powłoki z taśm lub z materiałów termokurczliwych na rurach i połączeniach	PN-EN 12068 [9]	5 kV/mm, nie więcej niż 15 kV <sup>2)</sup>
	PN-EN 10329 [10]	5 kV/mm+5 kV, nie więcej niż 15 kV
	PN-EN ISO 21809-3 [6]	5 kV/mm+5 kV, nie więcej niż 15 kV
Powłoki epoksydowe lub epoksydowe modyfikowane nanoszone w stanie ciekłym, na rurach i połączeniach	PN-EN 10289 [11]	8 V/μm, nie więcej niż 20 kV
	PN-EN 10329 [10]	8 V/μm, nie więcej niż 20 kV
	PN-EN ISO 21809-3 [6]	5 kV/mm, nie więcej niż 25 kV
Powłoki z poliuretanu lub poliuretanu modyfikowanego nanoszone w stanie ciekłym, na rurach i połączeniach	PN-EN 10290 [12]	8 V/μm, nie więcej niż 20 kV
	PN-EN 10329 [10]	8 V/μm, nie więcej niż 20 kV
	PN-EN ISO 21809-3 [6]	5 kV/mm, nie więcej niż 25 kV
Powłoki epoksydowe na armaturze	DIN 30677-2 [13]	0,4 kV/100 μm
Powłoki poliuretanowe na armaturze	DIN 30677-2 [13]	10 kV
Powłoki poliuretanowo-smołowe (PUR tar)	DIN 30677-2 [13]	15 kV
<p>1) Napięcie badania szczelności (wykrywania nieciągłości, porów) ustala się jako iloczyn grubości powłoki i napięcia odniesionego do jednostki grubości, podanego w tablicy.</p> <p>3) Wg PN-EN 12068 badanie szczelności powłoki takim napięciem przeprowadza się po badaniach odporności powłoki na uderzenie lub wgniatanie. Na placu budowy badanie szczelności zaleca się przeprowadzać napięciem wg PN-EN 10329.</p>		

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Dla powłok bitumicznych wg BN-76/0648-76 [14] napięcia badania wynosiły 7÷8 kV dla izolacji ZO1 o grubości 2,5 mm oraz 13÷14 kV dla izolacji ZO2 o grubości 4,5 mm. Jeśli podczas badań powłok bitumicznych (które z natury są porowate) poroskopem o takim napięciu nie występowały wyładowania elektryczne, to powłoki te uznawano (słusznie) za powłoki szczelne, bez defektów

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

W poszczególnych normach przedmiotowych dotyczących powłok izolacyjnych badania szczelności za pomocą poroskopu określone są odmiennie:

- BN-76/0648-76                      Sprawdzenie szczelności powłoki
- DIN 30672                              Badanie braku porów
- DIN 30670                              Badanie porowatości
- PN-EN 10288                          Badanie porowatości
- PN-EN 10289                          Wykrywanie nieciągłości
- PN-EN 10290                          Wykrywanie nieciągłości
- PN-EN 10329                          Test wykrywający dziury (holiday detection test)
- PN-EN EN ISO 21809-1              Test wykrywający dziury (holiday detection test)
- PN-EN ISO 21809-3                  Test wykrywający dziury (holiday detection test)

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

### Kryteria bezdefektywności powłok „po zasypaniu”

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Stanowi powłoki „bez defektów”, potwierdzonemu poprzez badanie za pomocą poroskopu, towarzyszy określona, charakterystyczna jednostkowa rezystancja przejścia powłoki, nie mniejsza niż określona wartość.

Rezystancje te określone są w normach przedmiotowych.

Powszechnie przyjmuje się, iż powłokę izolacyjną zakopanego krótkiego odcinka/rurociągu można uznać za bezdefektową, jeśli jednostkowa rezystancja powłoki izolacyjnej jest nie mniejsza niż wartość określona w normie przedmiotowej.

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

W badaniach typów powłok (na zgodność z normą przedmiotową) wyznacza się je w laboratoriach po wielodniowych ekspozycjach w elektrolicie.

Fragment rury pokryty powłoką o powierzchni nie mniejszej niż 0,03 m<sup>2</sup> eksponuje się przez okres 100 dni w roztworze NaCl o stężeniu 0,1 mol/l, w temperaturze (23±2)°C.

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Rodzaj powłoki	Norma <sup>1)</sup>	Wymagana rezystywność powłoki, co najmniej [ $\Omega\text{m}^2$ ]
Trójwarstwowe wytłaczane powłoki polietylenowe na rurach	PN-EN ISO 21809-1	Nie określono
Trójwarstwowe wytłaczane powłoki polipropylenowe na rurach	PN-EN ISO 21809-1	Nie określono
Dwuwarstwowe wytłaczane powłoki polietylenowe na rurach	PN-EN 10288	$10^8$
Polietylenowe, wytłaczane i spiekane powłoki na rurach i kształtkach stalowych	DIN 30670: 1991	$10^8$
Polietylenowe: trójwarstwowe powłoki wytłaczane, jednowarstwowe lub wielowarstwowe powłoki spiekane – na rurach i kształtkach stalowych	DIN 30670: 2012 – 4 [17]	$10^8$
Powłoki z taśm lub z materiałów termokurczliwych na rurach i połączeniach	DIN 30672	$10^8$ dla klasy C, $10^6$ dla klas B i A
	PN-EN 12068	$10^6$ dla klasy C, B i A
	PN-EN ISO 21809-3	$10^8$ dla taśm polimerowych, $10^6$ dla pozostałych taśm, dla materiałów termokurczliwych nie określono
Powłoki epoksydowe lub epoksydowe modyfikowane nanoszone w stanie ciekłym, na rurach i połączeniach	PN-EN 10289	dla klasy C nie określono (do uzgodnienia pomiędzy zamawiającym, a wytwórcą), $10^7$ dla klasy B, $10^6$ dla klasy A
	PN-EN ISO 21809-3	$10^6$
Powłoki z poliuretanu lub poliuretanu modyfikowanego nanoszone w stanie ciekłym, na rurach i połączeniach	PN-EN 10290	$10^7$ dla klasy B, $10^6$ dla klasy A
	PN-EN ISO 21809-3	$10^6$
Powłoki epoksydowe na armaturze	DIN 30677-2	$10^8$
Powłoki poliuretanowe na armaturze	DIN 30677-2	$10^8$
Powłoki poliuretanowo-smołowe (PUR tar)	DIN 30677-2	$10^8$



## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Jednakże pomiary praktyczne, analizy i obliczenia wskazują, że to kryterium może być i często jest zbyt łagodne (niewystarczające).

Wg norm, jeśli powłoka jest szczelna, to jej powierzchniowy opór właściwy nie powinien być mniejszy niż określona wartość (np.  $10^8 \Omega\text{m}^2$  dla wytłaczanych powłok polietylenowych), jednakże – czy można twierdzić odwrotnie, że jeśli powierzchniowy opór właściwy powłoki rurociągu zaszypanego jest większy, niż wartość określona w normie przedmiotowej, to oznacza to, iż powłoka izolacyjna tego odcinka/rurociągu – jest szczelna?

**Nie można.**

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Rodzaj powłoki antykorozyjnej	Grubość powłoki	Środowisko ekspozycji	Czas ekspozycji	Rezystywność powierzchniowa powłoki
	t [mm]		T (w latach)	$r_{p0} [\Omega m^2]$
PE (2x), klej miękki	4	woda	19	$10^{11}$
PE (2x), klej miękki	7	ziemia	20	$10^{11}$
PE, klej stopiony	2,4	ziemia	20	$3 \times 10^{10}$
PE, klej stopiony	2,2	woda	19	$10^{11}$
PE, stopiony	4	ziemia	20	$3 \times 10^{10}$
PE, system taśmowy	3,5	ziemia	10	$10^9$
PE, system taśmowy	1,5	ziemia	10	$10^8$
PUR - Teer (poliuretan - smoła)	2,5	ziemia	10	$10^9$
EP (epoksyd)	0,4	ziemia	10	$10^8$
EP - Teer (epoksyd - smoła)	2	ziemia	10	$3 \times 10^6$
Bitum	7	ziemia	20	$10^5$
Bitum	4	woda	19	$3 \times 10^5$

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Rezystancja przejścia  $R_{CO}$

$$\frac{1}{R_{CO}} = \frac{1}{R_{def}} + \frac{1}{R_{CO0}}$$

$$R_{CO} = \frac{R_{CO0} \times R_{def}}{R_{CO0} + R_{def}}$$

$$\frac{1}{R_{CO}} \approx \sum_i \frac{1}{R_{defi}}$$

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Jednostkowa rezystancja przejścia  $r_{CO}$

$$r_{CO} = R_{CO} \times S$$

Z kolei

$$R_{CO} = \frac{r_{CO}}{S}$$

Przyjmuje się, że w przypadku rurociągów pokrytych powłokami PE i PP

$$r_{CO} \geq 10^8 \Omega m^2$$

jest wyznacznikiem bezdefektowości powłoki odcinka rurociągu.

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

### CIEKAWOSTKA

- rezystywność polietylenu wynosi ok.  $10^{15} \Omega\text{m}$
- opór skrośny arkusza polietylenu o powierzchni  $1 \text{ m}^2$  i grubości  $4 \text{ mm}$  wyniesie zatem ok.  **$4 \times 10^{12} \Omega\text{m}^2$**
- a normy dotyczące powłok wymagają, aby w przypadku szczelnej powłoki  
 **$r_{\text{co}} \geq 10^8 \Omega\text{m}^2$**

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

### POMIARY REZYSTANCJI PRZEJŚCIA WYKONUJE SIĘ W CELU DOKONANIA:

- ocen powłok izolacyjnych rurociągów „po zasypaniu”, np. w badaniach odbiorowych (im większa jest łączna powierzchnia odstonięta rurociągu, stykająca się ze środowiskiem elektrolitycznym, tym mniejsza jest rezystancja przejścia)
- monitorowania stanu powłok w okresie użytkowania, np. monitorowania ingerencji stron trzecich, naruszających powłokę izolacyjną rurociągu (powstanie nowej nieciągłości w powłoce powoduje zmniejszenie rezystancji przejścia odcinka, a czasami – całego rurociągu)
- ocen skuteczności ochrony katodowej rurociągów zaizolowanych powłokami o wysokim poziomie szczelności
- ocen skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej opartej na bezdefektowych powłokach izolacyjnych

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Przykład 1. Odcinek rurociągu o średnicy zewnętrznej  **$D_z = 0,508 \text{ m}$** , długości  **$L = 170 \text{ m}$** , ułożony przekopem otwartym pod rzeką. Powłoki fabryczne rur: 3LPE kl. A3, powłoki na połączeniach spawanych – opaski termokurczliwe na podkładzie epoksydowym, kl. C. Jednostkowa rezystancja przejścia odcinka, wyznaczona przed połączeniem tego odcinka z istniejącym, starym rurociągiem w powłoce bitumicznej:  **$r_{co} \approx 2,7 \times 10^{11} \Omega \text{m}^2$** .

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Przykład 2. Odcinek budowanego rurociągu o średnicy zewnętrznej  **$D_z = 0,2191 \text{ m}$** , długości  **$L = 50 \text{ m}$** , ułożony przekopem otwartym pod drogą w gruncie niskooporowym. Powłoki fabryczne rur: 3LPE kl. B3, powłoki na połączeniach spawanych – opaski termokurczliwe kl. C. Jednostkowa rezystancja przejścia odcinka, wyznaczona przed połączeniem tego odcinka z istniejącym, starszym rurociągiem w powłoce 3LPE:  **$r_{co} \approx 2,9 \times 10^{11} \Omega \text{m}^2$** .



## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Przykład 3. Odcinek rurociągu o średnicy zewnętrznej  **$Dz = 0,508 \text{ m}$** , długości  **$L = 12 \text{ m}$** , ułożony techniką przecisku pod drogą asfaltową. Powłoki fabryczne rur: 3LPP klasy C3, powłoki na połączeniach spawanych – wzmocnione opaski termokurczliwe Dirax PP. Żadnych powłok osłonowych nie stosowano. Jednostkowa rezystancja przejścia odcinka, wyznaczona przed połączeniem tego odcinka z sekcjami sąsiednimi w powłokach 3LPE:  **$r_{co} \approx 1,7 \times 10^{11} \Omega \text{m}^2$** .

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Przykład 4. Wydzielony elektrycznie (monoblokami izolującymi) odcinek rurociągu o średnicy zew.  **$D_z = 0,711 \text{ m}$**  i długości  **$L = 1594 \text{ m}$**  pokryty jest (na rurach) fabryczną powłoką 3LPP o grubości  **$t=3,2 \text{ mm}$** , na połączeniach spawanych opaskami termokurczliwymi na podkładzie epoksydowym, a jego jednostkowa, powierzchniowa rezystancja przejścia wynosi  **$r_{co} \approx 1,5 \times 10^9 \Omega \text{m}^2$** . Powierzchnia boczna odcinka:  **$S = 3555,5 \text{ m}^2$** . Rezystancja przejścia tego odcinka wynosi  **$R_{co} \approx 422,5 \text{ k}\Omega$** . Rurociąg doziemiono sztucznie elektrodą symulującą defekt izolacji o powierzchni  $1 \text{ cm}^2$ . Wypadkowa rezystancja przejścia zmniejszyła się do  $R_{co} \approx 99 \text{ k}\Omega$ , a jednostkowa rezystancja przejścia zmniejszyła się do ok.  **$r_{co} \approx 3,5 \times 10^8 \Omega \text{m}^2$** . Zatem zasymulowano nieszczelność powłoki o powierzchni  $1 \text{ cm}^2$ , a jej powierzchniowy opór właściwy nadal był większy niż  $10^8 \Omega \text{m}^2$ .

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Przykład 5. Wydzielony elektrycznie (monoblokami izolującymi) odcinek rurociągu o średnicy zew.  **$D_z = 0,711 \text{ m}$**  i długości  **$L = 3410 \text{ m}$**  pokryty jest (na rurach) fabryczną powłoką 3LPP o grubości  **$t=3,2 \text{ mm}$** , na połączeniach spawanych opaskami termokurczliwymi na podkładzie epoksydowym, a jego jednostkowa, powierzchniowa rezystancja przejścia wynosi  **$r_{co} \approx 1,3 \times 10^8 \Omega \text{m}^2$** . Powierzchnia boczna tego odcinka:  **$S = 7617,5 \text{ m}^2$** , a więc jest znacząco większa, niż  $1500 \text{ m}^2$ . Ponieważ odcinek narażony jest na silne oddziaływanie równoległej przebiegającej linii WN 400 kV, jego powłoka izolacyjna, zgodnie z projektem, powinna być bezdefektowa (szczelna). Mimo iż jednostkowa rezystancja przejścia jest większa niż  $10^8 \Omega \text{m}^2$ , przeprowadzono badania lokalizujące defekty izolacji specjalną metodą pomiarową. Wykryto cztery defekty, a więc powłoka nie była szczelna.

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Zdaniem autora, w przypadku zasypanych odcinków/rurociągów pokrytych powłokami polietylenowymi lub polipropylenowymi, wstępnie wyznacznikiem szczelności tych powłok powinna być jednostkowa rezystancja przejścia nie mniejsza niż  $10^9 \Omega\text{m}^2$ .

W przypadku niespełnienia wyjściowego kryterium  $r_{co} \geq 10^9 \Omega\text{m}^2$  niezbędne jest ustalenie przyczyn tego stanu – w tym sprawdzenie istnienia/zlokalizowanie defektów powłoki izolacyjnej odpowiednią metodą lokalizacji.

Stosowanie kryterium  $10^8 \Omega\text{m}^2$  może być ewentualnie uzasadnione jedynie w przypadku odcinków o małych powierzchniach, umieszczonych w środowisku o małej rezystywności, np. w wodzie – każdorazowo po indywidualnej analizie. W takich warunkach najmniejsze nieszczelności spowodują zmniejszenie jednostkowej rezystancji przejścia poniżej  $10^8 \Omega\text{m}^2$ , do poziomu  $10^7$ , a nawet  $10^6 \Omega\text{m}^2$ .

## Bezdefektowe powłoki izolacyjne podziemnych rurociągów

Przykład 6. Odcinek rurociągu o średnicy zewnętrznej  $D_z = 0,508 \text{ m}$ , długości  $L = 40 \text{ m}$ , pokryty powłoką izolacyjną 3LPE o grubości  $t = 4 \text{ mm}$ , ułożony jest w wodzie o rezystywności  $\rho = 15 \text{ } \Omega\text{m}$ . W warunkach bez defektów jednostkowa rezystancja przejścia wynosi  $r_{co0} \approx 1,5 \times 10^{10} \text{ } \Omega\text{m}^2$ , a rezystancja przejścia  $R_{co0} \approx 2,35 \text{ M}\Omega$ . Po pojawieniu się skośnego defektu o średnicy  $D = 1 \text{ mm}$ , powierzchniowa rezystywność powłoki zmniejszy się do  $r_{co} \approx 5,35 \times 10^6 \text{ } \Omega\text{m}^2$ , a rezystancja przejścia do  $R_{co} \approx 83,86 \text{ k}\Omega$ .

## WNIOSKI

- Sprawa właściwego kryterium bezdefektowości powłoki jest kluczowa dla skuteczności wariantu ochrony przeciwkorozyjnej opartej na szczelnej powłoce izolacyjnej podziemnego odcinka rurociągu.
- Jednostkowa rezystancja przejścia odcinka/rurociągu zasypanego większa niż  $10^8 \Omega\text{m}^2$  w ogólności nie jest wyznacznikiem bezdefektowości powłoki polietylenowej lub polipropylenowej. Jako kryteria bezdefektowości odcinków rurociągów w takich powłokach powinny być stosowane większe jednostkowe rezystancje, np. wyjściowo co najmniej na poziomie  $10^9 \Omega\text{m}^2$ .
- Zauważalne są rozbieżności terminologiczne dotyczące badań szczelności powłok izolacyjnych poroskopem wysokonapięciowym – w normach przedmiotowych dotyczących poszczególnych rodzajów powłok .
- Różne normy przedmiotowe określają różne napięcia badania szczelności powłok wykonanych z tych samych materiałów, a także różne wymagane powierzchniowe opory właściwe.

# Dziękuję za uwagę

[marek.fiedorowicz@gaz-system.pl](mailto:marek.fiedorowicz@gaz-system.pl)

system, który łączy

