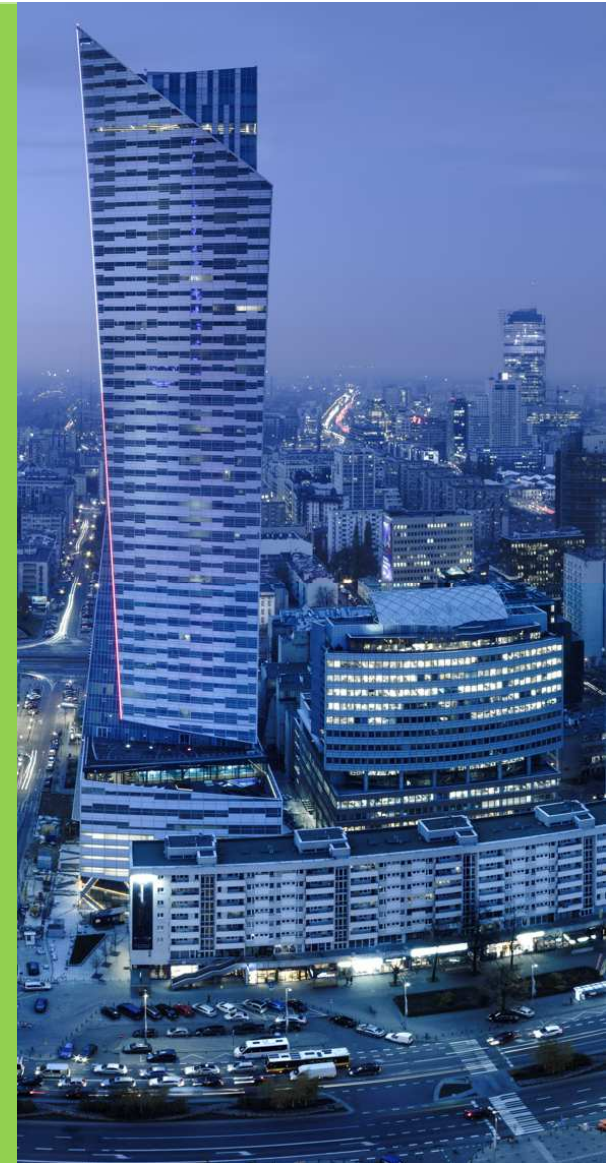




Techniczno-ekonomiczne aspekty stosowania rur preizolowanych podwójnych

XVI Konferencja Techniczna
13-14.XI.2019 Warszawa

*Autor: Ewa Kręcielewska
Dział Badań i Standardów Veolia Energia Warszawa S.A.
Kierownik Laboratorium Badawczego VAW*



Systemy preizolowane

PRZEZNACZONE DO BUDOWY RUROCIĄGÓW:

- wysokoparametrowych (stalowa, miedziana rura przewodowa)
- niskoparametrowych (tworzywowa rura przewodowa)

PRZEZNACZONE DO PRZESYŁU:

- gorącej wody o temperaturze do 140°C (z izolacją z pianki PUR, system zespolony)
- pary z izolacją dwuwarstwową (pianka PUR/ wełna mineralna/ szkło piankowe, system ślizgowy)
- pary z izolacją powietrzną lub próżniową

Z JEDNĄ, DWIEMA LUB CZTEREMA RURAMI PRZEWODOWYMI



Systemy preizolowane



PRZEZNACZONE DO BUDOWY RUROCIĄGÓW:

- układanych bezpośrednio w gruncie w płaszczu PE (z barierą dyfuzyjną/ bez bariery)
- napowietrznych i przebiegających tranzytem przez budynki w płaszczu SPIRO

TRADYCYJNE (ze sztywną stalową rurą przewodową)

GIĘTKIE (z elastyczną rurą przewodową, wykorzystywane również do przewiertów sterowanych)

WYPRODUKOWANE METODĄ;

- tradycyjną (rura w rurze)
- OPTI (półciągłą)
- CONTI (ciągłą)



Rury podwójne

Normy

PN-EN 15698-1:2009 *Sieci ciepłownicze - System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Część 1: Zespół dwururowy ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszczu osłonowego z polietylenu*

EN 15968-1:2019 *District heating pipes - Bonded twin pipe systems for directly buried hot water networks - Part 1: Factory made twin pipe assembly of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and one casing of polyethylene*

PN-EN 15698-2:2015-1 *Sieci ciepłownicze - System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie - Część 2: Kształtki i zespół armatury ze stalowych rur przewodowych, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszczu osłonowego z polietylenu*

EN 15968-1:2019 *District heating pipes - Bonded twin pipe systems for directly buried hot water networks - Part 2: Factory made fitting and valve assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and one casing of polyethylene*

PN-EN 13941-1:2019-06 *Sieci ciepłownicze - Projektowanie i montaż systemu izolowanych termicznie zespołów rur pojedynczych i podwójnych do sieci wody gorącej układanych bezpośrednio w gruncie - Część 1: Projektowanie*

PN-EN 13941-2:2019-2 *Sieci ciepłownicze - Projektowanie i montaż systemu izolowanych termicznie zespołów rur pojedynczych i podwójnych do sieci wody gorącej układanych bezpośrednio w gruncie - Część 2: Montaż*

RURY PREIZOLOWANE POJEDYNCZE I PODWÓJNE

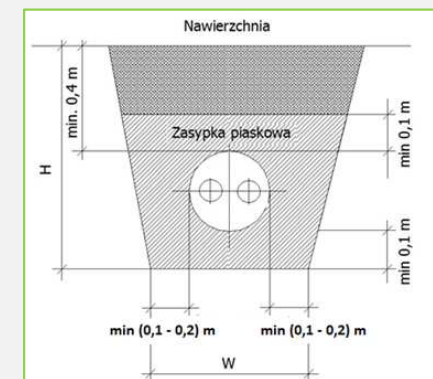
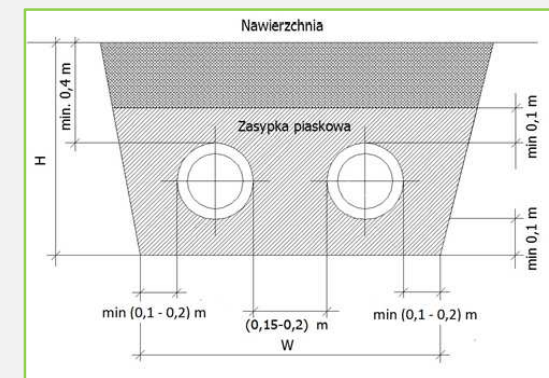
WYMIARY

DN	dz	g	De1	e1	De2	e2
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	POJEDYNCZE (P1)			PODWÓJNE (P2)		
20	26,9	2,6	90	3	125	3,0
25	33,7	3,2	90	3	140	3,0
32	42,4	3,2	110	3	160	3,0
40	48,3	3,2	110	3	160	3,0
50	60,3	3,2	125	3	200	3,2
65	76,1	3,2	140	3	225	3,4
80	88,9	3,2	160	3	250	3,6
100	114,3	3,6	200	3,2	315	4,1
125	139,7	3,6	225	3,4	400	4,8
150	168,3	4	250	3,6	450	5,2
200	219,1	4,5	315	4,1	560	6,0

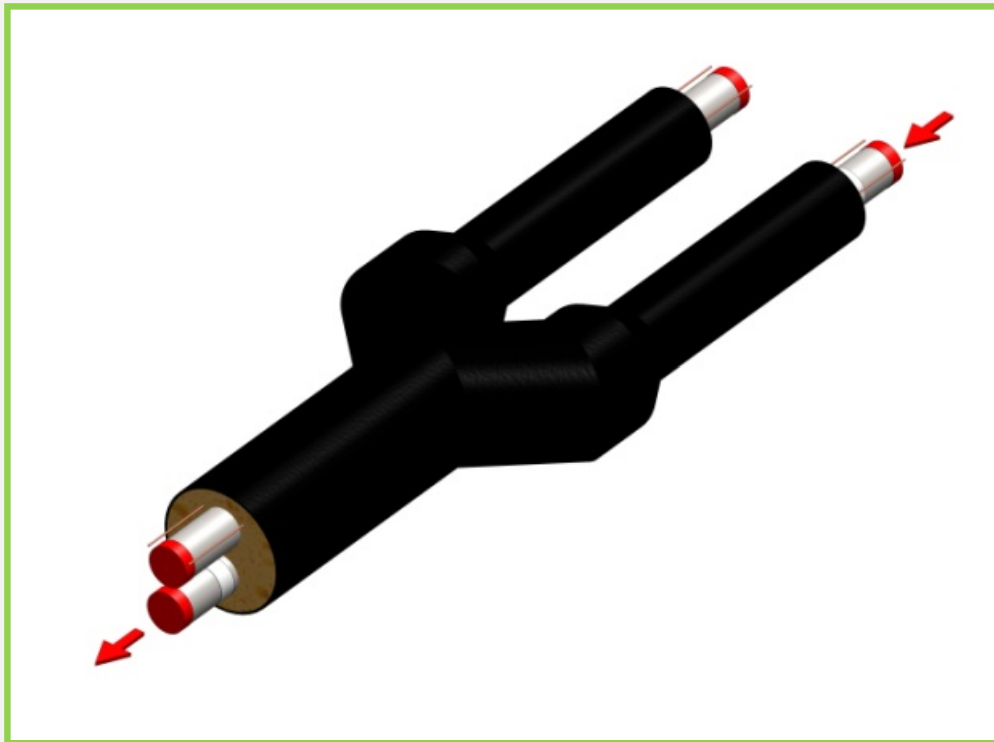
Rury preizolowane pojedyncze i podwójne

Wykop

DN	d _z , mm	D _e , mm	głębokość wykopu H, m	minimalna szerokość wykopu, m	DN	d _z , mm	D _e , mm	głębokość wykopu H, m	minimalna szerokość wykopu, m
POJEDYNCZE (P1)					PODWÓJNE (P2)				
15	21,3	90	0,65	0,7	15	21,3	125	0,65	0,4
20	26,9	90			20	26,9	125		
25	33,7	90			25	33,7	140		
32	42,4	110		0,8	32	42,4	160	0,7	
40	48,3	110			40	48,3	160		
50	60,3	125			50	60,3	200	0,75	
65	76,1	140			65	76,1	225	0,8	
80	88,9	160	0,7	1,2	80	88,9	250	0,9	
100	114,3	200	0,75		100	114,3	315	1	
125	139,7	225	0,8	125	139,7	400			
150	168,3	250	0,9	150	168,3	450	0,9		
200	219,1	315	1	1,5	200	219,1	560	1,2	
250	273	400		1,6	250	273	710	1,4	



Połączenie rur podwójnych i pojedynczych



WYMAGANIA NORMY EN 15698-1:2019

1. WYRÓWNANIE KOŃCÓW RUR PRZEWODOWYCH

Wyrównie końców rur przewodowych mierzone w kierunku wzdłużnym nie może różnić się o więcej niż 1 mm

2. ODLEGŁOŚĆ POMIĘDZY RURAMI PRZEWODOWYMI

Tolerancja odległości między stalowymi rurami Lp wynosi

- ± 2 mm przy pomiarze w dowolnym punkcie wewnątrz zespołu rurowego
- ± 1 mm przy pomiarze na końcach rur.

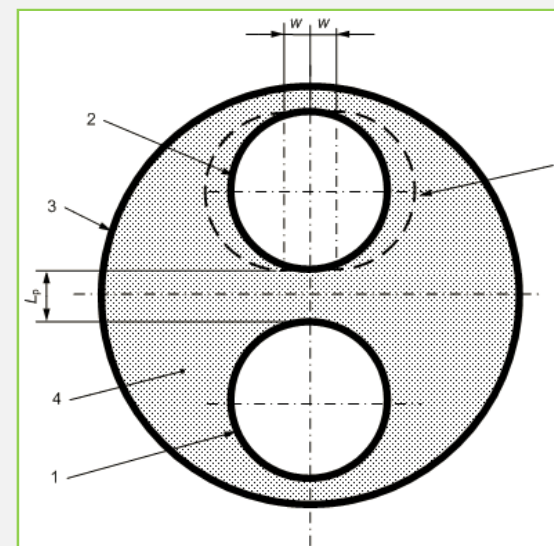
Średnica nominalna rury stalowej DN	Odległość pomiędzy rurami przewodowymi Lp, mm
15	19
20	19
25	19
32	19
40	19
50	20
65	20
80	25
100	25
125	30
150	40
200	45
250	45

WYMAGANIA NORMY EN 15698-1:2019

3. SKRĘCENIE RUR PRZEWODOWYCH

Skręcenie rur przewodowych :

- na jednym końcu zespołu rur podwójnych względem drugiego końca $w = \max 3 \text{ mm}$,
- na dowolnym końcu zespołu rur w stosunku do dowolnego punktu wewnątrz $w = \max 6 \text{ mm}$.
- w przypadku rur ciętych $w = \max \pm 3 \text{ mm}$.



WYMAGANIA NORMY EN 15698-1:2019

4. MAKSYMALNE ODCHYLENIE OD OSI

Zewnętrzna średnica płaszczka mm	Maksymalne odchylenie od osi mm
75 to 160	3,0
180 to 400	5,0
450 to 630	8,0
710 to 800	10,0



5. BADANIA ZESPOŁU RUROWEGO PRZED STARZENIEM:

- WYTRZYMAŁOŚĆ NA SCINANIE OSIOWE
- WSPÓŁCZYNNIK PRZEWODZENIA CIEPŁA
- UDARNOŚĆ

4. BADANIA PIANKI PUR – wg PN-EN 253

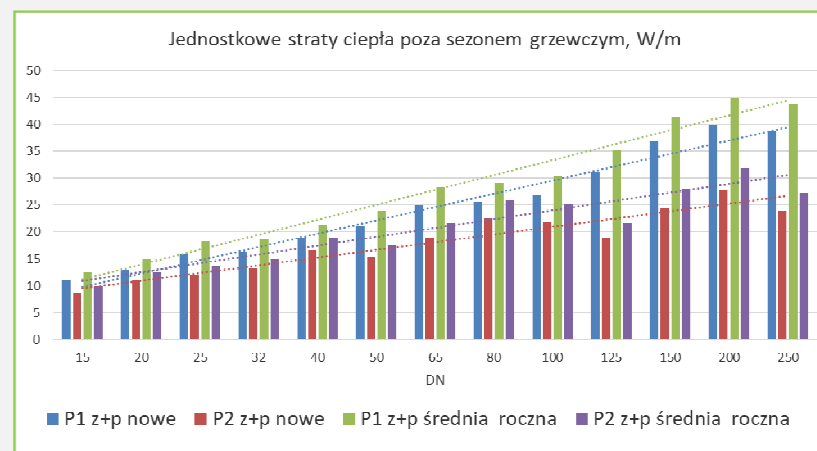
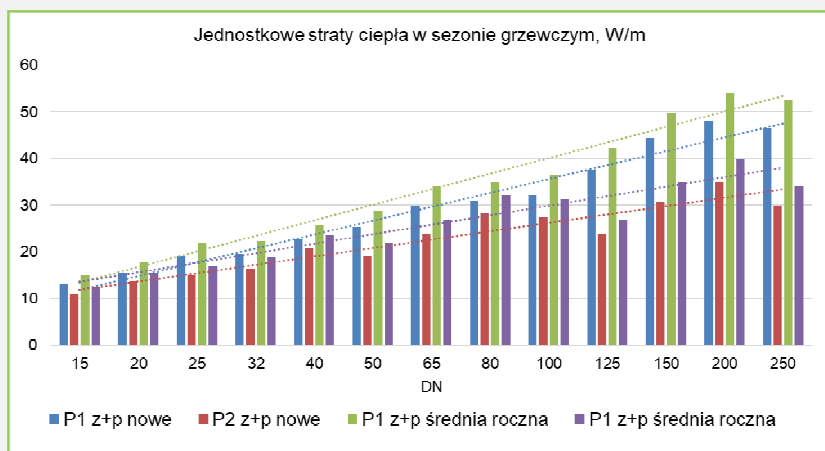


Jednostkowe straty ciepła

Założenia do obliczeń

Parametr	Wartość
temperatura czynnika zasilanie sezon $t_f, ^\circ\text{C}$	81,8
temperatura czynnika powrót sezon $t_r, ^\circ\text{C}$	44,8
temperatura czynnika zasilanie poza sezonem $t_f, ^\circ\text{C}$	74,1
temperatura czynnika powrót poza sezonem $t_r, ^\circ\text{C}$	45,2
czynnik spieniający piankę PUR	cyklopentan
współczynnik przewodzenia ciepła izolacji nowej $\lambda_{50}, \text{W/mK}$	0,028
średni współczynnik przewodzenia ciepła izolacji w ciągu roku dla 30 letniej eksploatacji $\lambda_{50}, \text{W/mK}$	0,032
współczynnik przewodzenia ciepła gruntu $\lambda_s, \text{W/mK}$	1,6 (grunt normalny)
współczynnik przewodzenia ciepła stali $\lambda_{stali}, \text{W/mK}$	50
współczynnik przewodzenia ciepła HDPE $\lambda_{\text{HDPE}}, \text{W/mK}$	0,4
temperatura gruntu w sezonie grzewczym, $^\circ\text{C}$	6
temperatura gruntu poza sezonem, $^\circ\text{C}$	12

Jednostkowe straty ciepła

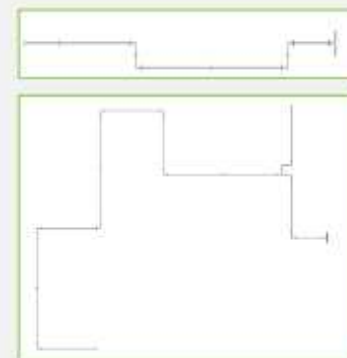


Dzięki zastosowaniu rur preizolowanych podwójnych zamiast pojedynczych, jednostkowe straty ciepła są mniejsze.

Jednostkowe straty ciepła są większe w sezonie grzewczym, niż poza sezonem (ze względu na wyższe średnie temperatury zasilania i powrotu), rosną w czasie (ze względu na zmieniający się – rosnący współczynnik przewodzenia ciepła izolacji).

Straty ciepła przez przenikanie

Odcinek	P1 nowe	P2 nowe	P1 eks	P2 eks
DN20 L=56	26	22	30	26
DN40 L=56	37	34	43	39
DN80 L=56	51	46	58	53
DN100 L=56	53	45	61	51
DN125 L=56	62	38	70	44
DN150 L=56	73	50	83	57
DN20 L=168,5	77	67	88	76
DN40 L=168,5	112	101	127	115
DN80 L=168,5	153	138	173	157
DN100 L=168,5	159	134	180	153
DN125 L=168,5	185	115	209	132
DN150 L=168,5	219	149	246	170



I. Odcinek s.c. L= 56 m
 P1: 16 rur x 6 m/ P2: 8 rur x 6 m
 P1: 8 łuków 1 m x 1 m/ P2: 4 łuki 1 m x 1 m
 P1: 24 muły + pianka/ P2: 12 muł + pianka

II. Odcinek s.c. L= 168,5 m
 P1: 26 rur x 12 m/ P2: 13 rur x 12 m
 P1: 10 łuków 1 x 1/ P2: 5 łuków 1 x 1
 P1: 2 trójniki DN/ dn/ P2: 1 trójnik DN/ dn DN=dn
 P1: 24 muły + pianka/ P2: 12 muł + pianka

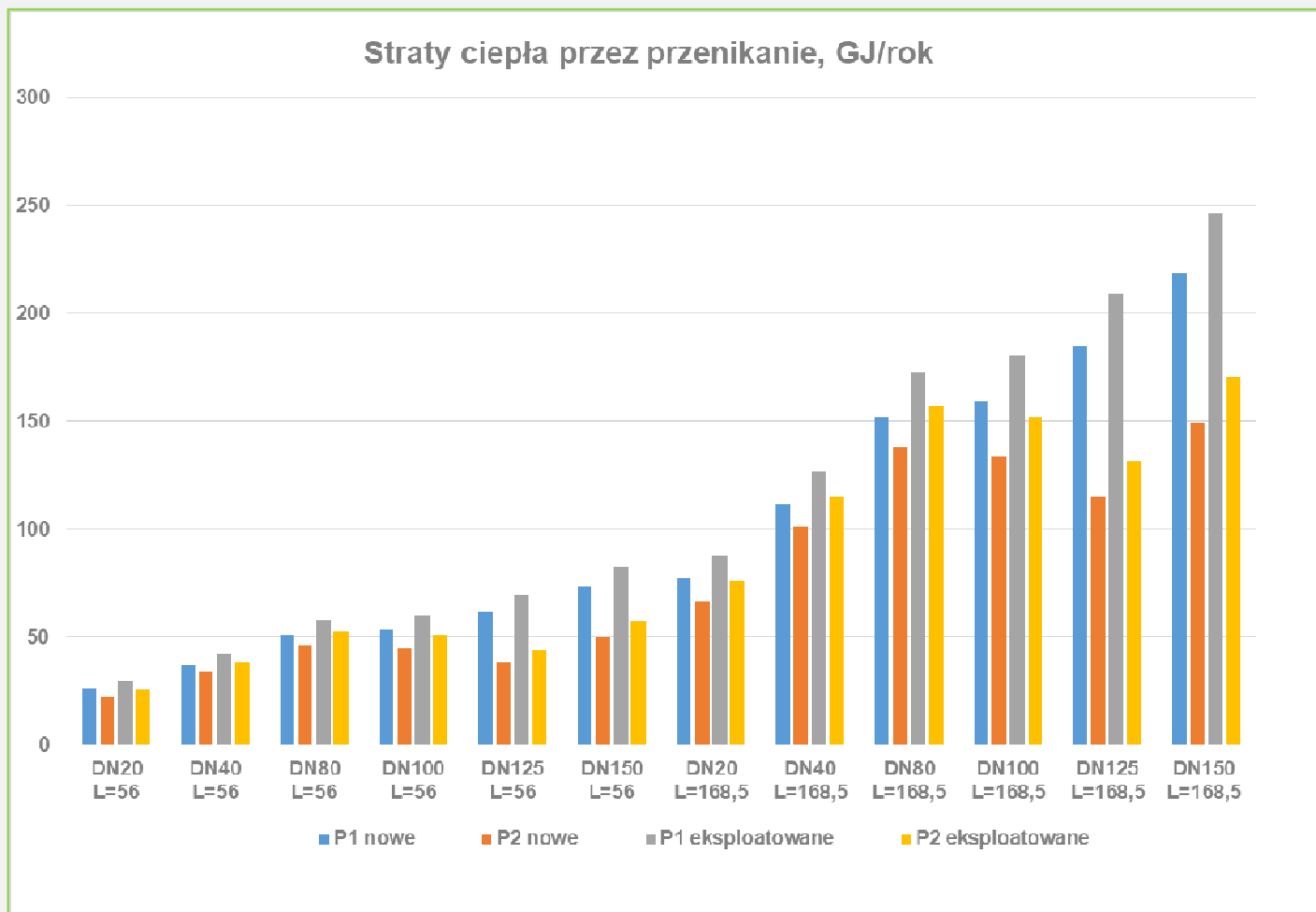
$$Q = 10^{-5} \cdot 8,64 \cdot L \cdot (D_s \cdot q_{Ls} + (365 - D_s) \cdot q_{Li})$$

Dzięki zastosowaniu rur preizolowanych podwójnych zamiast pojedynczych, straty ciepła przez przenikanie są mniejsze (ze względu na mniejsze jednostkowe straty ciepła).

Straty ciepła przez przenikanie rosną:

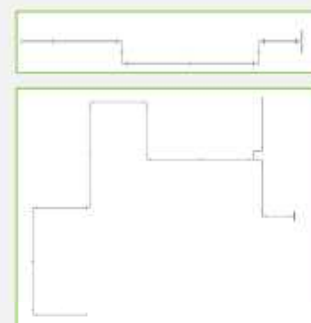
- z długością i średnicą odcinka s.c.
- w czasie (ze względu na zmieniający się współczynnik przewodzenia ciepła izolacji).

Straty ciepła przez przenikanie



Koszt strat ciepła przez przenikanie

Odcinek	P1 nowe	P2 nowe	P1 eks	P2 eks
DN20 L=56 m	743	641	934	807
DN40 L=56 m	1075	973	1346	1224
DN80 L=56 m	1468	1326	1833	1670
DN100 L=56 m	1533	1286	1915	1619
DN125 L=66 m	1782	1111	2220	1398
DN150 L=56 m	2105	1436	2614	1807
DN20 L=168,5 m	2237	1930	2812	2429
DN40 L=168,5 m	3234	2926	4051	3684
DN80 L=168,5 m	4416	3991	5515	5024
DN100 L=168,5 m	4614	3870	5763	4872
DN125 L=168,5 m	5361	3342	6681	4207
DN150 L=168,5 m	6335	4320	7866	5439



I. Odcinek s.c. L= 56 m
P1: 16 rur x 6 m/ P2: 8 rur x 6 m
P1: 8 łuków 1 m x 1 m/ P2: 4 łuki 1 m x 1 m
P1: 24 muły + pianka/ P2: 12 muł + pianka

II. Odcinek s.c. L= 168,5 m
P1: 26 rur x 12 m/ P2: 13 rur x 12 m
P1: 10 łuków 1 x 1/ P2: 5 łuków 1 x 1
P1: 2 trójniki DN/ dn/ P2: 1 trójnik DN/ dn DN=dn
P1: 24 muły + pianka/ P2: 12 muł + pianka

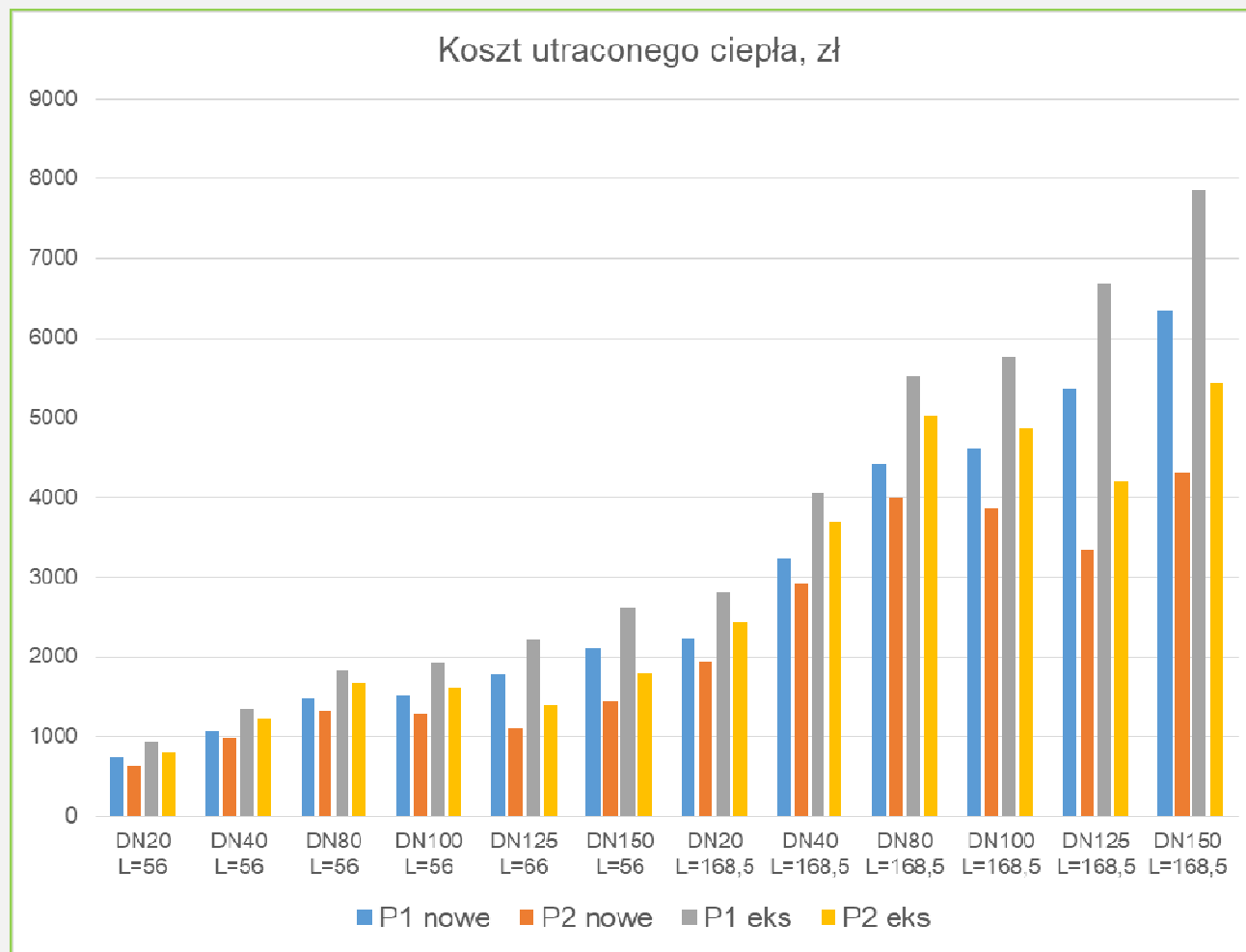
$$A = Q \cdot t$$

Dzięki zastosowaniu rur preizolowanych podwójnych zamiast pojedynczych, koszt strat ciepła jest niższy (ze względu na mniejsze straty ciepła przez przenikanie).

Koszt strat ciepła przez przenikanie rośnie:

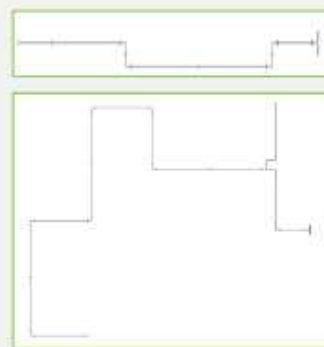
- z długością i średnicą odcinka s.c.
- w czasie (ze względu na zmieniające się – rosnące ceny ciepła).

Koszt strat ciepła przez przenikanie



Koszt materiałów

Odcinek	P1	P2	Różnica	Różnica
DN40 L=56	8 980	8 442	538	6,0%
DN80 L=56	12 365	12 175	190	1,5%
DN100 L=56	15 343	15 440	-97	-0,6%
DN125 L=56	17 939	22 588	-4 649	-25,9%
DN150 L=56	21 245	27 605	-6 360	-29,9%
DN40 L=168,5	21 500	21 476	23	0,1%
DN80 L=168,5	30 661	31 800	-1 139	-3,7%
DN100 L=168,5	37 494	39 713	-2 218	-5,9%
DN125 L=168,5	45 054	59 943	-14 889	-33,0%
DN150 L=168,5	53 060	71 066	-18 006	-33,9%



I. Odcinek s.c. L= 56 m
P1: 16 rur x 6 m/ P2:8 rur x 6 m
P1: 8 łuków 1 m x 1 m/ P2: 4 łuki 1 m x 1 m
P1: 24 mufy + pianka/ P2: 12 muf + pianka

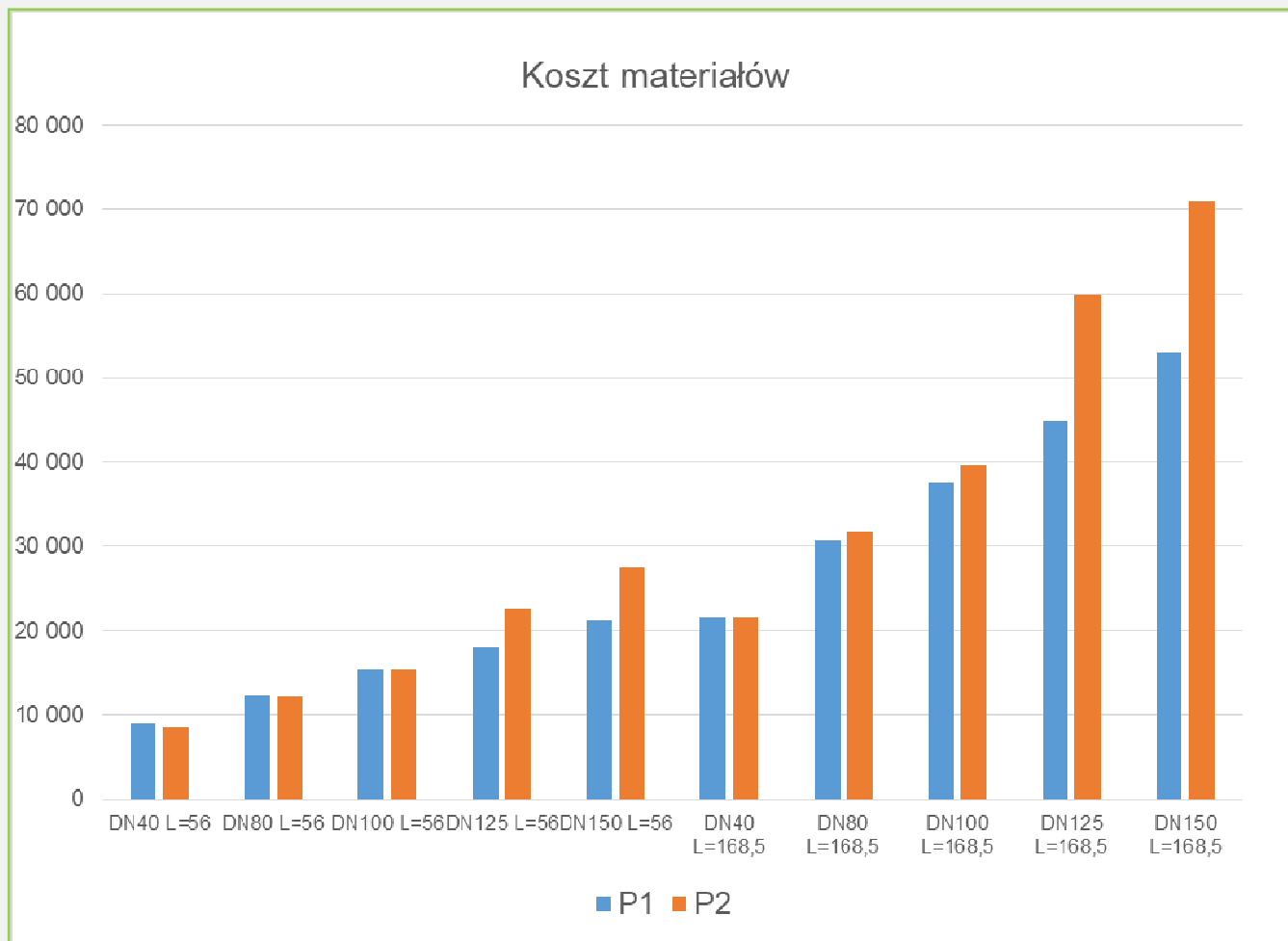
II. Odcinek s.c. L= 168,5 m
P1: 26 rur x 12 m/ P2: 13 rur x 12 m
P1: 10 łuków 1 x 1/ P2: 5 łuków 1 x 1
P1: 2 trójniki DN/ dn/ P2: 1 trójnik DN/ dn DN=dn
P1: 24 mufy + pianka/ P2: 12 muf + pianka

Koszt materiałów preizolowanych \leq DN 100 pojedynczych i podwójnych jest porównywalny.

Koszt materiałów preizolowanych \geq DN 125 pojedynczych jest niższy niż podwójnych, o ponad 20%,.

Na koszt materiałów preizolowanych podwójnych znacząco wpływają koszty kształtek (łuków, odgałęzień, zwęzek) oraz zaworów odcinających preizolowanych.

Koszt materiałów



Koszt budowy rurociągów preizolowanych

Zakres robót	2 x DN 50 L=67,5 m	2 x DN 125 L=6,0 m 2 x DN 65 L=50,5 m 2 x DN 50 L=94,0 m 2 x DN 40 L=8,0 m	2 x DN100 L=150 m	2 x DN125 L= 6 m 2 x DN200 L = 149 m
1. ROBOTY NAWIERZCHNIOWE	X	X	-	-
2. ROBOTY ZIEMNE	X	X	X	X
3. ROBOTY MONTAŻOWE	X	X	X	X
3.1 Rurociągi preizolowane	X	X	X	X
3.2 Instalacja alarmowa BRANDES	X	X	X	X
3.3 Komora rozgałęźna	X	-	X	-
3.4 Rury ochronne i przyciski/ płyty odciążające	X	X	X	X
3.5 Roboty montażowe w węźle/ węzłach	X	-	X	-
3.6 Sieć prowizoryczna	X	X	-	X
3.7 Studzienka na zawory	-	X	X	X
3.8 Roboty montażowe w komorze	-	-	-	X
4. ROBOTY DEMONTAŻOWE	X	X	-	X
4.1 Demontaż po trasie	X	X	-	X
4.2 Demontaż w pasie frontu robót	X	X	-	-
4.2.1 Roboty ziemne	X	X	-	-
4.2.2 Roboty demontażowe	X	X	-	-
4.3 Demontaż poza pasem frontu robót	X	-	-	-
4.3.1 Roboty nawierzchniowe	X	-	-	-
4.3.2 Roboty ziemne	X	-	-	-
4.3.3 Roboty demontażowe	X	-	-	-

Analizie poddano 4 kosztorysy inwestorskie (wykonane przy pomocy programu NORMA PRO) budowy/ przebudowy przyłączy preizolowanych o różnej długości i średnicach.

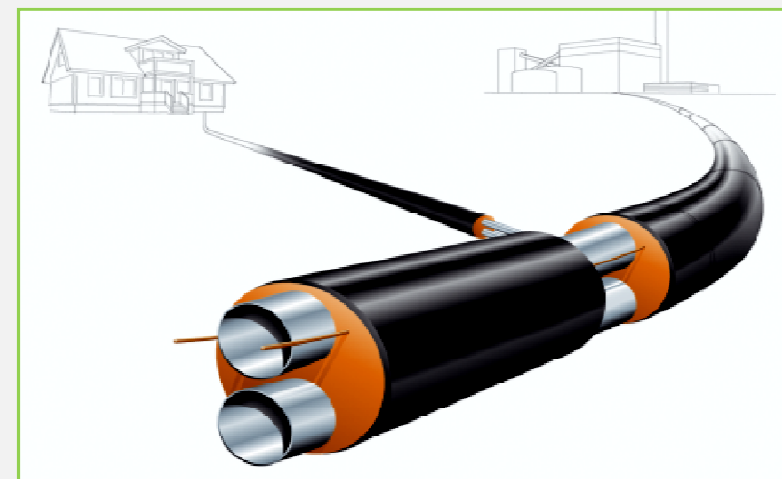
Koszt budowy rurociągów preizolowanych

Koszt budowy/ przebudowy odcinka s.c.

Koszt robocizny
~20%

Koszt
materiałów
~40%

Koszt
eksploatacji
sprzętu
~15%



Koszt robocizny rośnie wraz z zakresem prowadzonych robót , zależy od warunków prowadzenia rurociągów (tereny zielone, tereny zurbanizowane), rodzaju nawierzchni nad rurociągiem oraz stawki roboczogodziny.

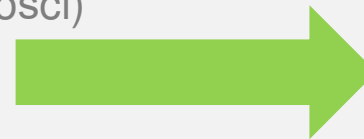
Koszt materiałów rośnie wraz ze średnicą i długością odcinka s.c. oraz z liczbą zastosowanych kształtek i zaworów preizolowanych.

W analizowanych przypadkach koszt materiałów stanowi największą część kosztów budowy/ przebudowy odcinka s.c.

Koszt budowy rurociągów preizolowanych

Na obniżenie kosztów budowy/ przebudowy rurociągów preizolowanych podwójnych, w stosunku do rurociągów pojedynczych mogą mieć wpływ następujące czynniki:

- węższy wykop (ale o zbliżonej lub większej głębokości)
- mniejsza liczba muf na połączeniach spawanych (ale większe i droższe),
- dwa razy krótszy czas prowadzenia prób szczelności złączy,
- mniej połączeń systemu nadzoru,
- krótszy czas sprawdzania przewodów alarmowych.



DN	Różnica wysokości (P1-P2)	Różnica szerokości P1-P2 , m
15	0	0,3
20	0	0,3
25	0	0,3
32	-0,05	0,4
40	-0,05	0,4
50	-0,1	0,4
65	-0,15	0,3
80	-0,2	0,5
100	-0,25	0,4
125	-0,2	0,5
150	-0,1	0,4
200	-0,2	0,5
250	-0,4	0,4

Koszt budowy rurociągów preizolowanych

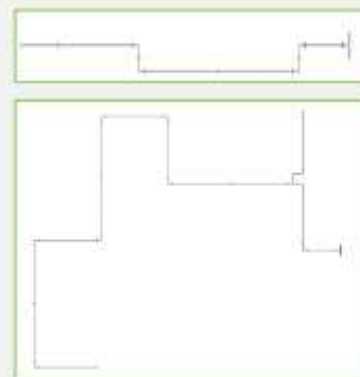
Ze względu na:

- porównywalny koszt materiałów preizolowanych pojedynczych i podwójnych DN ≤ 100 , stanowiących największą część kosztów inwestycyjnych,
- czynniki, mogące wpłynąć na obniżenie kosztów budowy/ przebudowy odcinków s.c. preizolowanej podwójnej można przypuszczać, że koszt budowy/ przebudowy rurociągów podwójnych będzie nieco niższy, niż koszt budowy rurociągów pojedynczych.



Wielkość emisji CO₂ w okresie 30 lat

Odcinek	P1	P2	różnica
DN20 L=56	118	102	16
DN40 L=56	170	154	16
DN80 L=56	232	210	22
DN100 L=56	243	204	39
DN125 L= 56	282	176	106
DN150 L=56	333	228	105
DN20 L=168,5	354	306	48
DN40 L=168,5	512	464	48
DN80 L=168,5	699	633	66
DN 125 L=168,5	848	530	318
DN100 L=168,5	730	613	117
DN150 L=168,5	1001	685	316



I. Odcinek s.c. L= 56 m
 P1: 16 rur x 6 m/ P2: 8 rur x 6 m
 P1: 8 łuków 1 m x 1 m/ P2: 4 łuki 1 m x 1 m
 P1: 24 muły + pianka/ P2: 12 muł + pianka

II. Odcinek s.c. L= 168,5 m
 P1: 26 rur x 12 m/ P2: 13 rur x 12 m
 P1: 10 łuków 1 x 1/ P2: 5 łuków 1 x 1
 P1: 2 trójniki DN/ dn/ P2: 1 trójnik DN/ dn DN=dn
 P1: 24 muły + pianka/ P2: 12 muł + pianka

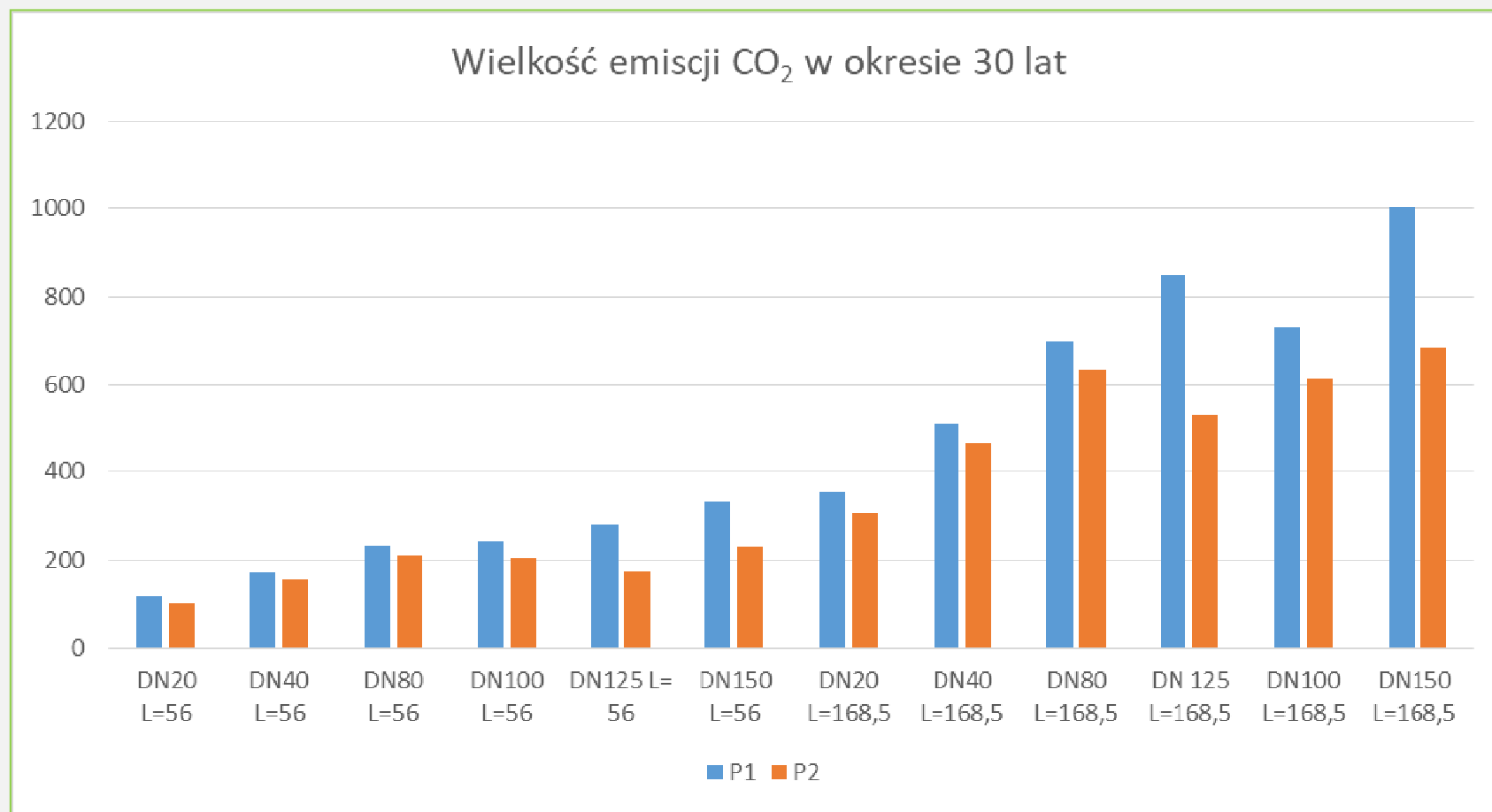
Obliczenia wykonano przy następujących założeniach:

- paliwo: węgiel kamienny,
- wartość opałowa paliwa: 23800 kJ/kg,
- sprawność kotła: 80 %.



Aspektem przemawiającym za stosowaniem rur podwójnych jest ograniczenie emisji CO₂. W analizowanych przypadkach emisja CO₂ w 30 letnim okresie eksploatacji, dzięki zastosowaniu rur podwójnych zamiast pojedynczych, jest mniejsza.

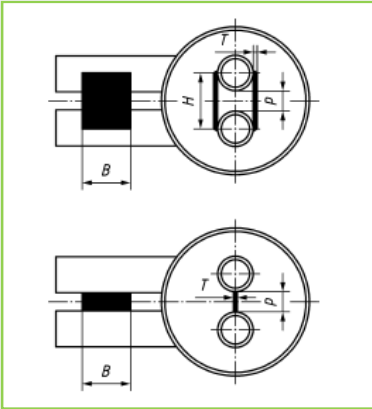
Wielkość emisji CO₂ w okresie 30 lat




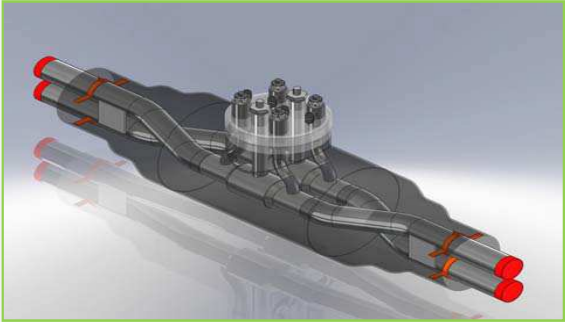
Podsumowanie

1. Koszt materiałów preizolowanych \leq DN 100 pojedynczych i podwójnych jest porównywalny.
2. Koszt materiałów preizolowanych \geq DN 125 podwójnych jest wyższy o ponad 20%, niż pojedynczych.
3. Z przeprowadzonej analizy kosztów wynika, że największą część kosztów budowy/ przebudowy przyłączy w technologii preizolowanej stanowią koszty materiałów.
4. Dla możliwości porównania nakładów inwestycyjnych na budowę/ przebudowę odcinków s.c. preizolowanej pojedynczej i podwójnej, należy określić koszty budowy/ przebudowy rurociągów w obu technologiach po tej samej trasie. Prace takie rozpoczęto w Veolia Energia Warszawa.
5. Aspekty przemawiające za stosowaniem rur podwójnych zamiast pojedynczych to:
 - ograniczenie emisji CO₂,
 - mniejsze jednostkowe straty ciepła,
 - mniejsze straty ciepła przez przenikanie,
 - niższy koszt strat ciepła przez przenikanie.

Opinie i wątpliwości techniczne dot. rur podwójnych

<p>Utrudnione jest wykonanie preizolowanych kształtek (odgałęzień i łuków). Wprawdzie możliwe jest zastąpienie ich składanymi mufami odgałęźnymi i kolanowymi, jednak ich zastosowanie budzi wątpliwości ze względu na stosunkowo wysoką zawodność.</p>	<p>Jakość kształtek określa norma PN-EN 15698-2. Jedyne utrudnienie to zastosowanie kotew łączących zasilanie z powrotem, wymagania określa norma PN-EN 13941-1, p. E.3.4 Annex E</p> 
<p>Utrudnione jest spawanie rur przewodowych w czasie montażu rurociągu.</p>	<p>Jeśli dobry spawacz - nie ma żadnych problemów. Utrudnienie pojawia się tylko i wyłącznie jak rury są skręcone (dopuszczalne wartości podaje PN-EN 15698-1). Nieumiejętny proces produkcji może spowodować, że rury się skręcają w środku i po rozcięciu pojawia się problem.</p>
<p>Utrudnione jest postępowanie w czasie awarii jednej z rur przewodowych.</p>	<p>Trzeba wyciąć odcinek rury podwójnej, wymienia się jednocześnie zasilanie i powrót.</p>
<p>Jedna z podstawowych zasad układania sieci ciepłowniczej zaleca, by przy pionowym ułożeniu (jeden przewód nad drugim) pojedynczych rurociągów ciepłowniczych rurociąg zasilający umieszczony był na górze. W przypadku podwójnych rur preizolowanych większy efekt ekonomiczny jest uzyskany przy umieszczeniu rury zasilającej na dole (mniejsze straty ciepła uzyskiwane są dzięki podgrzewaniu powrotu zasilaniem).</p>	<p>Efekt ekonomiczny jest zawsze taki sam niezależnie czy rury są w pionie czy poziomie, zasilane u góry czy na dole (metoda obliczania strat - <i>multipole method</i> EN 13941-1 Aneks D).</p>

Opinie i wątpliwości techniczne dot. rur podwójnych

<p>Zalecaną metodą układania rurociągów jest tzw. „podgrzew wstępny”.</p>	<p>Stosowane techniki układania to:</p> <ul style="list-style-type: none">- samokompensacja- zimny montaż- podgrzew wstępny <p>Decyzja jaka technika leży po stronie projektanta.</p>
<p>Dla wykonania wyrobu o właściwej jakości – wymagają dużego doświadczenia producenta</p>	<p>Doświadczony producent = dobra jakość. Dobra jakość to spełnienie wymagań PN-EN 15698-1 oraz PN-EN 15698-2 a to w zasadzie już obowiązek producenta.</p> 
<p>Utrudnione jest, ze względu na konstrukcję, wykonanie preizolowanych zaworów.</p>	<p>W przypadku doświadczonego producenta możliwe wykonanie.</p> 



Dziękuję za uwagę 😊

*Ewa Kręcielewska
Kierownik Laboratorium Badawczego Veolia Energia Warszawa S.A.
02-106 Warszawa
ul Siemieńskiego 4
tel. 602 764 822
ewa.kręcielewska@veolia.com*

