

XVI Konferencja Techniczna
Izba Gospodarcza Ciepłownictwo Polskie
Warszawa, listopad 2019r.

Możliwości zastąpienia kotłowni węglowych przez nowoczesne elektrociepłownie i ciepłownie gazowe z zastosowaniem gazyfikacji wyspowej



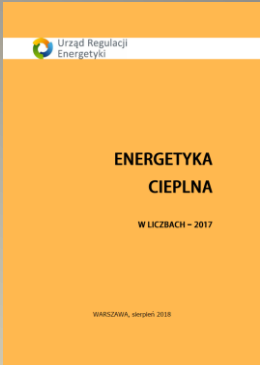
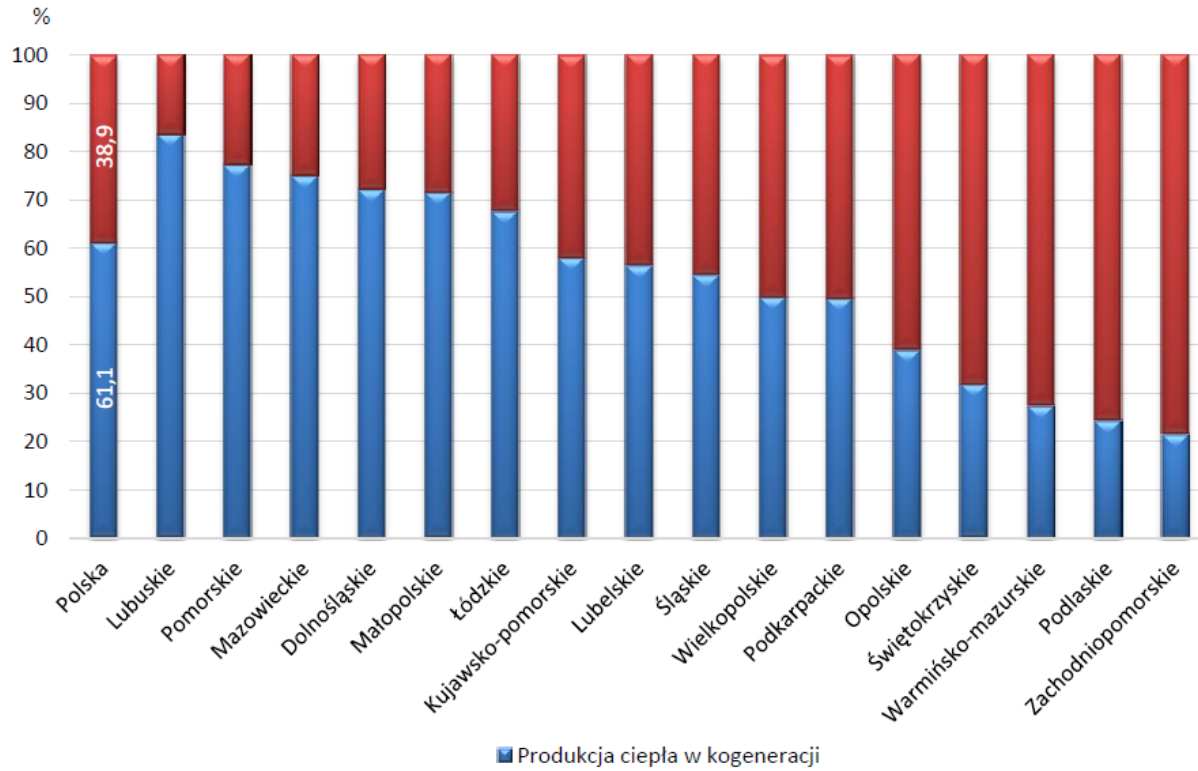
Dr inż. Małgorzata Kwestarz
Politechnika Warszawska
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki
i Inżynierii Środowiska
Zakład systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych

Plan prezentacji

1. Analiza rynku ciepła - cyt. URE
2. Analiza SWOT
3. Gaz ziemny jako paliwo przejściowe
4. Proces regazyfikacji niskotonazowej
5. Łańcuch dostaw LNG
6. Podsumowanie



Rysunek 3. Udział produkcji ciepła z kogeneracji w produkcji ciepła ogółem według województw w 2017 r.



Rysunek 4. Struktura produkcji ciepła według zużywanych paliw w 2017 r.

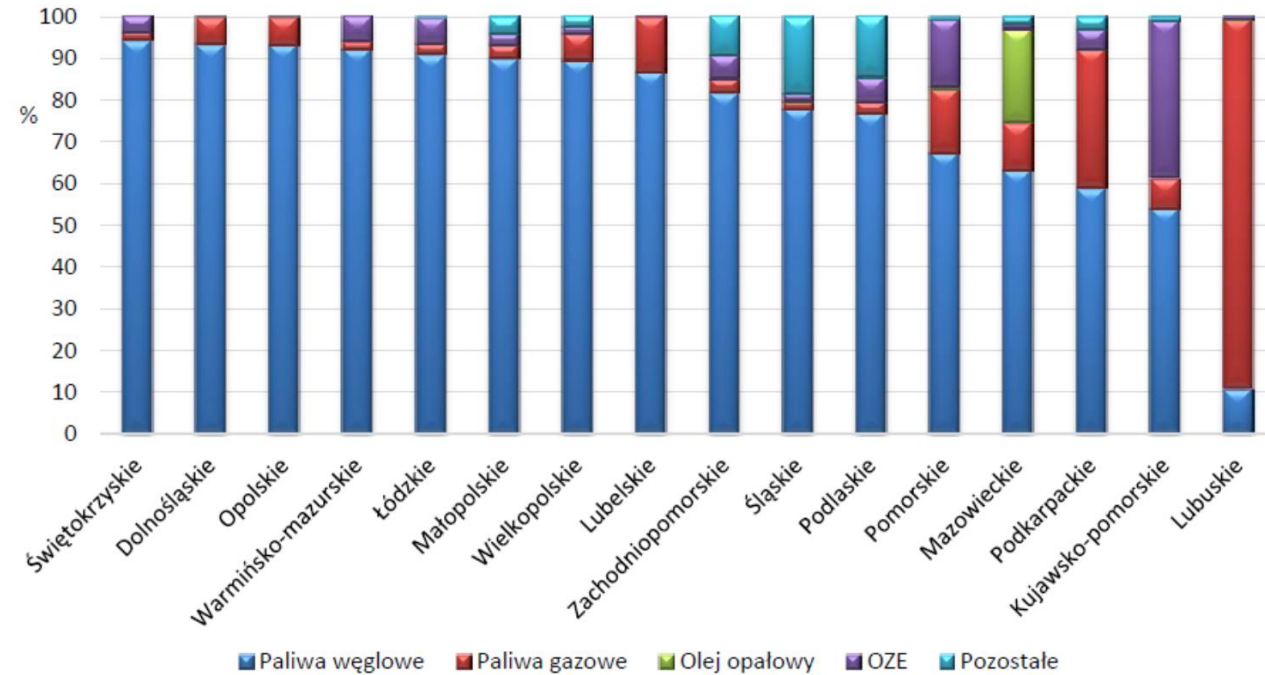


Tabela 3. Zużycie paliw do produkcji ciepła w 2017 r.

Wyszczególnienie	Zużycie paliw do produkcji ciepła			
	ogółem	w kogeneracji	ogółem	w kogeneracji
	[GJ]		[%]	
węgiel kamienny	326 611 639,2	227 489 286,1	72,21	67,47
węgiel brunatny	7 199 447,2	6 624 836,3	1,59	1,96
olej opałowy lekki	1 272 807,5	824 867,0	0,28	0,24
olej opałowy ciężki	21 918 189,7	21 890 322,9	4,85	6,49
gaz ziemny wysokometanowy	31 059 469,3	21 716 009,1	6,87	6,44
gaz ziemny zaazotowany	7 522 867,1	6 976 969,7	1,66	2,07
biomasa	33 571 663,6	30 650 492,5	7,42	9,09
biogaz	211 549,8	203 813,0	0,05	0,06
inne odnawialne źródła energii	637 341,3	19 724,0	0,14	0,01
odpady komunalne stałe	5 358 866,3	5 325 094,4	1,18	1,58
odpady przemysłowe nieodnawialne	398 280,0	398 280,0	0,09	0,12
pozostałe paliwa	16 523 170,8	15 046 696,2	3,65	4,46

Tabela 9. Wskaźniki efektywności energetyki cieplnej

Wskaźniki	Jedn. miary	Wartość wskaźnika			Dynamika	
		2002 r.	2016 r.	2017 r.	2017/2016	2017/2002
					[%]	
Wskaźniki techniczne						
Sprawność wytwarzania	%	79,7	87,8	87,5	99,66	109,79
Sprawność przesyłania		88,2	86,7	86,7	100,00	98,30
Intensywność emisji CO ₂	tona/TJ	120,8	120,6	99,5	82,50	82,37
Intensywność emisji SO ₂		0,73	0,30	0,20	66,67	27,40
Intensywność emisji NO _x		0,26	0,16	0,13	81,25	50,00
Intensywność emisji pyłów		0,14*	0,05	0,02	40,00	14,29

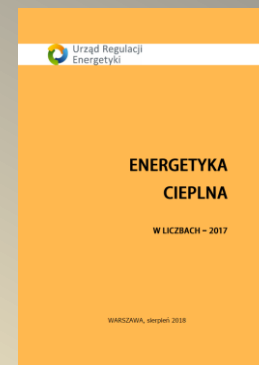


Tabela 76. Produkcja ciepła z różnych rodzajów paliw według WZDE w 2017 r.

WZDE	Liczba przedsiębiorstw, które podały informacje	Przeciętne zatrudnienie	Produkcja ciepła z paliw												
			węgiel kamienny	węgiel brunatny	olej opałowy lekki	olej opałowy ciężki	gaz ziemny wysoko-metanowy	gaz ziemny zaazotowany	biomasa	biogaz	inne odnawialne źródła energii	odpady komunalne stałe	odpady przemysłowe nieodnawialne	pozostałe paliwa	
			[GJ]												
Polska	2002	761	58 075	369 605 235,5	5 973 866,4	2 468 870,9	39 896 093,3	16 370 234,3	3 007 968,5	11 507 378,0	18 990,0	.	33 120,0	.	18 646 053,5
	2016	401	29 505	280 196 313,3	6 143 742,5	281 032,3	21 516 820,0	23 482 582,9	6 226 482,7	30 567 909,4	5 983,0	602 975,2	1 529 872,7	-	13 229 256,8
	2017	395	28 781	287 708 500,3	6 191 151,5	494 700,2	19 857 814,0	29 553 043,4	5 695 853,0	30 234 616,4	5 461,0	622 239,6	2 727 484,6	-	12 506 055,5

Tabela 104. Produkcja ciepła w kogeneracji z różnych rodzajów paliw według WZDE w 2017 r.

WZDE	Liczba przedsiębiorstw, które podały informacje	Przeciętne zatrudnienie	Produkcja ciepła z paliw												
			węgiel kamienny	węgiel brunatny	olej opałowy lekki	olej opałowy ciężki	gaz ziemny wysoko-metanowy	gaz ziemny zaazotowany	biomasa	biogaz	inne odnawialne źródła energii	odpady komunalne stałe	odpady przemysłowe nieodnawialne	pozostałe paliwa	
			[GJ]												
Polska	2016	121	14 624	199 487 418,5	5 637 743,5	67 644,8	21 472 028,5	14 351 356,4	5 762 402,6	29 379 573,6	5 983,0	-	1 529 872,7	-	11 958 710,8
	2017	121	13 807	205 445 925,7	5 706 340,7	183 295,5	19 835 600,0	20 981 103,7	5 234 732,6	29 037 190,1	5 461,0	12 367,0	2 727 484,6	-	11 220 166,0

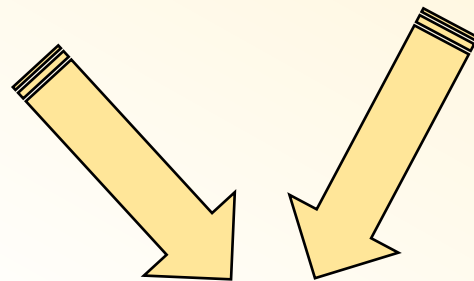
Eliminacja paliw węglowych poprzez zastosowanie wysokosprawnych układów kogeneracyjnych i pozostałych urządzeń energetycznych spalających gaz ziemny (wysokometanowy)

ZALETY/SZANSE:

1. Wzrost sprawności wytwarzania ciepła
2. Wprowadzenie do portfela sprzedaży nowego produktu – energii elektrycznej
3. Elastyczność współpracy ze źródłami OZE podogowozależnymi
4. Redukcja emisji CO₂
5. Uzyskanie statutu efektywnego systemu ciepłowniczego

WADY/ZAGROŻENIA:

1. Brak dostępności gazu ziemnego
2. Opłata za moc zamówioną gazu ziemnego
3. Brak/bardzo niski poziom zapotrzebowania na ciepło w okresie letnim

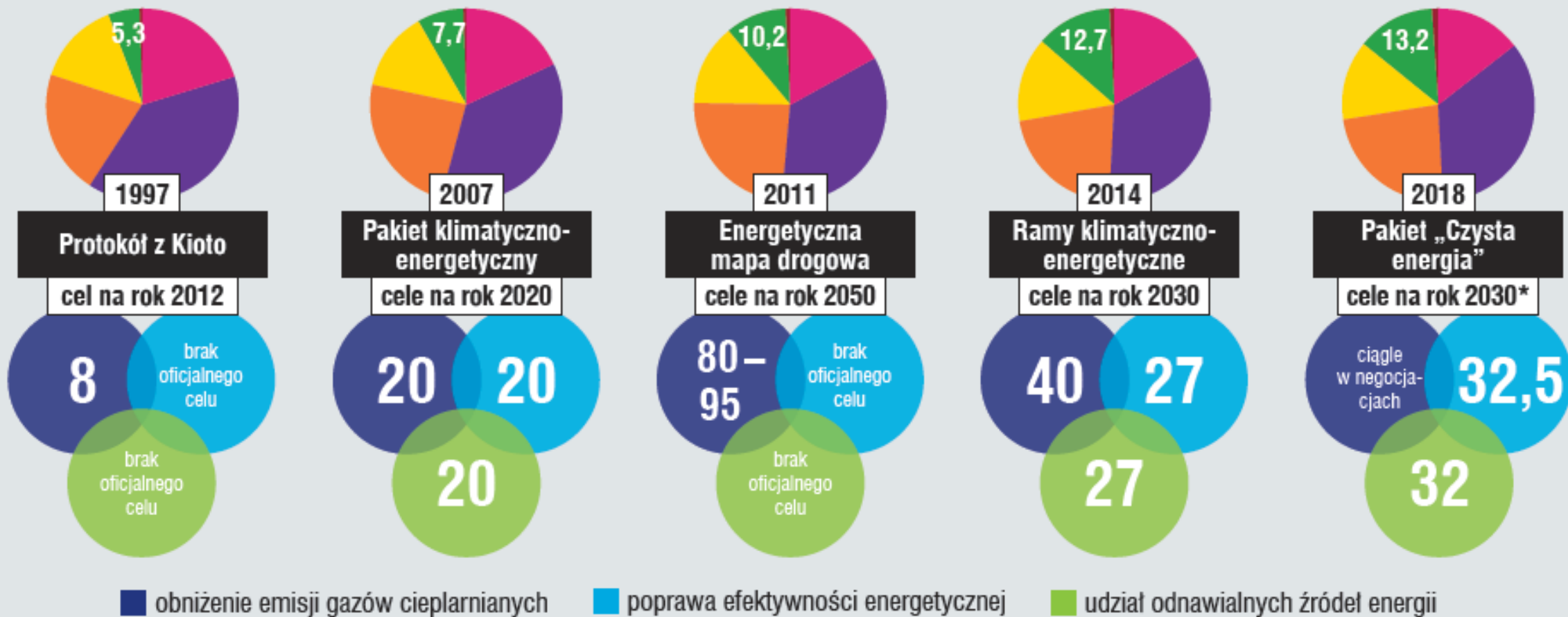


ROZWIĄZANIE: Źródło gazu ziemnego – stacja regazyfikacji LNG i gazyfikacja wyspowa

KROKI W KIERUNKU DEKARBONIZACJI

Najważniejsze programy UE, koszyk energetyczny w roku przyjęcia programu, poprawa w roku docelowym, %

■ węgiel kamienny, brunatny itp.
 ■ ropa naftowa
 ■ gaz
 ■ energia jądrowa
 ■ odnawialne źródła energii
 ■ odpady nieodnawialne



Cele w porównaniu do poziomów z roku 1990. Wszystkie dane zostały przeliczone dla UE28 *Cele dla odnawialnych źródeł energii i efektywności energetycznej uzgodnione w czerwcu 2018

Wymagania dla ciepłownictwa jakie stawia otoczenie biznesowe

IED, MCP, BAT, CAFE, PAKIET ZIMOWY, EU ETS,
RYNEK MOCY, EFEKTYWNY SYSTEM CIEPŁOWNICZY

RYNEK MOCY – gwarancja odbioru 550 g CO₂/kWh

Konkluzje BAT: LCP 31.12.2022 MCP 01.01.2030 – system obejmie wszystkich powyżej 1 MW

CAFE- Clean Air For Europe- dopuszczalny poziom substancji w powietrzu takich jak pył, SO_x,
No_x, beznzen. np. PM 2,5 rok 2020 – 20 µg/m³

EU ETS - Emissions Trading System – cena uprawnienia 26 EUR/Mg 31.10.2019
– w perspektywie 28-30 EUR/Mg
= 119,33 - 127,85 zł/Mg

Emisja CO₂: węgiel kamienny 94,94 kg/GJ

gaz wysokometanowy 55,54 kg/GJ (co stanowi 58,5 % emisji z węgla)

Wysokosprawna kogeneracja

– system wsparcia dla emisji łącznej 450 kg CO₂/kWh



Charakterystyka LNG

- LNG - to bezbarwny płyn składający się głównie z metanu (co najmniej 75%), innych węglowodorów i azotu (maks. 5%)
- Gęstość LNG wynosi: 430 - 470 kg/m³
- Temperatura parowania: - 166 °C

- LNG jest paliwem bezpiecznym - od 1964 r. nie zanotowano katastrof w obsłudze maszyn i urządzeń pracujących z LNG.
- Przy zastosowaniu odpowiednio izolowanych przewodów i armatury, z LNG można obchodzić się tak jak ze zwykłymi cieczami



Stacja regazyfikacji LNG

Kotłownia gazowa



https://www.cryogas.pl/o_lng

1. Cysterna kriogeniczna
2. Zbiorniki kriogeniczne
3. Parownice
4. Stacja redukcyjno-pomiarowa
5. Nawialnia
6. Kotłownia/elektrociepłownia



Transport lądowy na potrzeby małych stacji regazyfikacji LNG

- Cysterny kolejowe do transportu LNG o pojemności 90,64 m³ (40,6 Mg), kontenery ISO-LNG służące do transportowania LNG produkowane są w poszczególnych rozmiarach przez firmy:
UTI 20ft – Chart Ferox a.s, ARITAS, CRYOLOR, CRYO AB, Chemet S.A.,
UTI 30ft – Chemet S.A.,
UTI 40ft – Chart Ferox a.s., Chemet S.
- Transport samochodowy – cysterny na naczepach o pojemności 12500 kg (30430 dm³), 15200 kg(39830 dm³), 17200 kg(41300 dm³) oraz kontenery 30ft ISO – LNG.

Technologie regazyfikacji dla małych stacji regazyfikacji LNG

- **STV (Shell and Tube Vaporizers)** - wymienniki ciepła składające się z płaszcza i wiązek przewodów rurowych wspawanych w ścianę sitową. Wykorzystują ciepło pobrane z układu spalinowego turbin gazowych. Ciepło z gazów spalinowych odbierane jest przez medium pośrednie, którym może być np. propan, izobutan, amoniak czy freon. Jako czynnik grzewczy można wykorzystać także wodę morską, rzeczną lub mieszaninę wody i glikolu.
- **CHP - SCV (Combined Heat and Power Unit - Submerged Combustion Vaporizers)** są to wymienniki typu SCV, wykorzystywane we współpracy z układami kogeneracyjnymi (do skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej). Zaletą tego typu technologii jest zwiększenie sprawności energetycznej procesu odparowania, ograniczając przy tym szkodliwą emisję dwutlenku węgla, tlenku węgla oraz tlenków azotu.
- **AAV (Ambient Air Vaporizers)** - wymienniki pobierające ciepło z powietrza. Istnieją dwie metody przekazywania ciepła z powietrza do LNG: bezpośrednia i pośrednia. W najczęściej stosowanych wymiennikach, LNG przepływa przez przewody o małych średnicach, które bezpośrednio omywane są przez powietrze z wykorzystaniem procesu naturalnej lub wymuszonej konwekcji. Rury którymi przepływa skroplony gaz ziemny są zwykle ożebrowane (aluminiowe elementy zwiększające powierzchnię wymiany ciepła). Technologia stosowana jest także w większych terminalach zlokalizowanych w ciepłym i suchym klimacie.
- **AAV – HTF (Ambient Air Vaporizer – Heat Transfer Fluid)** są to wymienniki AAV, gdzie ciepło przekazywane jest pośrednio. W wymianie ciepła pośredniczy medium grzewcze i zazwyczaj jest to połączenie metod AAV i STV, lecz gazy spalinowe z turbiny zastępowane tu są przez powietrze atmosferyczne

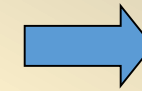


Elementy łańcucha LNG

- Źródło gazu
- Instalacja skraplania
- Terminal nadawczy (zbiornik magazynowy LNG)
- Transport morski metanowcem LNG
- Terminal odbiorczy
- Regazyfikacja
- Odbiorca/system dystrybucji



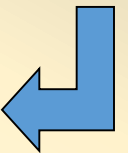
Produkcja (poszukiwania i wydobywanie)



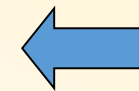
Skraplanie



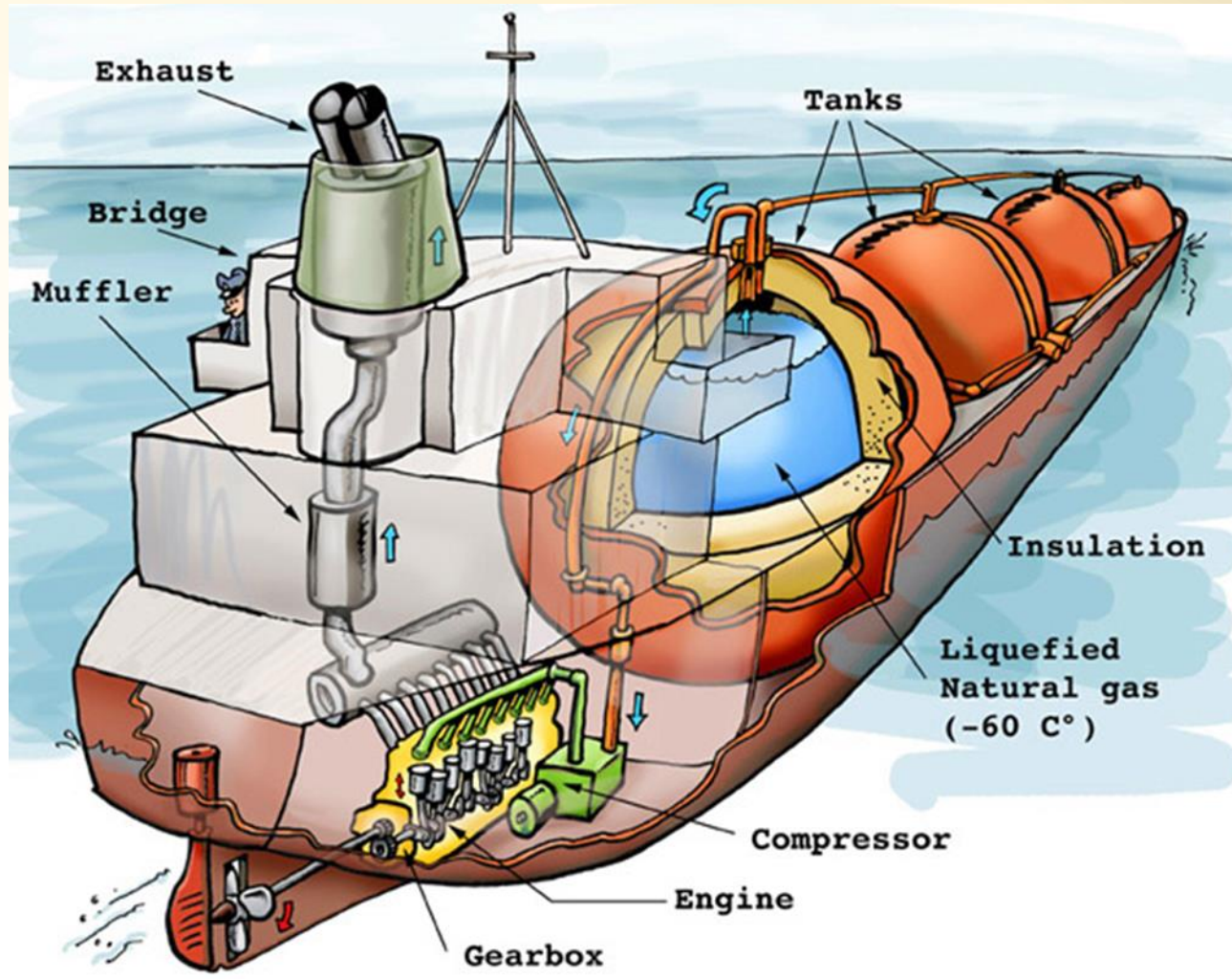
Transport (metanowiec)



Regazyfikacja i magazynowanie - terminal LNG w Świnoujściu



Transport morski LNG



Mobilny terminal FSRU (Kłajpeda, Litwa)



FSRU (Floating Storage Regasification Unit) - jednostka pływająca pełni rolę magazynu kriogenicznego, który dodatkowo został wyposażony w instalację do regazyfikacji LNG z której gaz transportowany jest podmorskimi gazociągami na ląd.

Małoskalowy terminal regazyfikujący



Mobilna kontenerowa stacja regazyfikacji LNG



Wymagania związane z budową stacji regazyfikacji

- Stacje do granicznej ładowności magazynowej 50 Mg wyposażone są zazwyczaj w 2 zbiorniki procesowe o pojemności 60 m^3 każdy co odpowiada ok. $48 \text{ Mg} \pm 4\%$ LNG przy gęstości 450 kg/m^3 w warunkach normalnych.
- Budowa obiektów o magazynowej ładowności granicznej od 50 Mg obostrzona jest dodatkowymi wymogami, mającymi swoje odzwierciedlenie w obligatoryjnym wymogu sporządzenia planu oddziaływania na środowisko i planu bezpieczeństwa.
- Istotnym elementem planu bezpieczeństwa jest wymóg wyposażenie stacji w generatory piany, które wymagają zabezpieczenia mocy elektrycznej na poziomie 200 kW. Wiąże się to z koniecznością ponoszenia dodatkowych kosztów eksploatacyjnych związanych z opłatami stałymi za zarezerwowaną moc elektryczną.



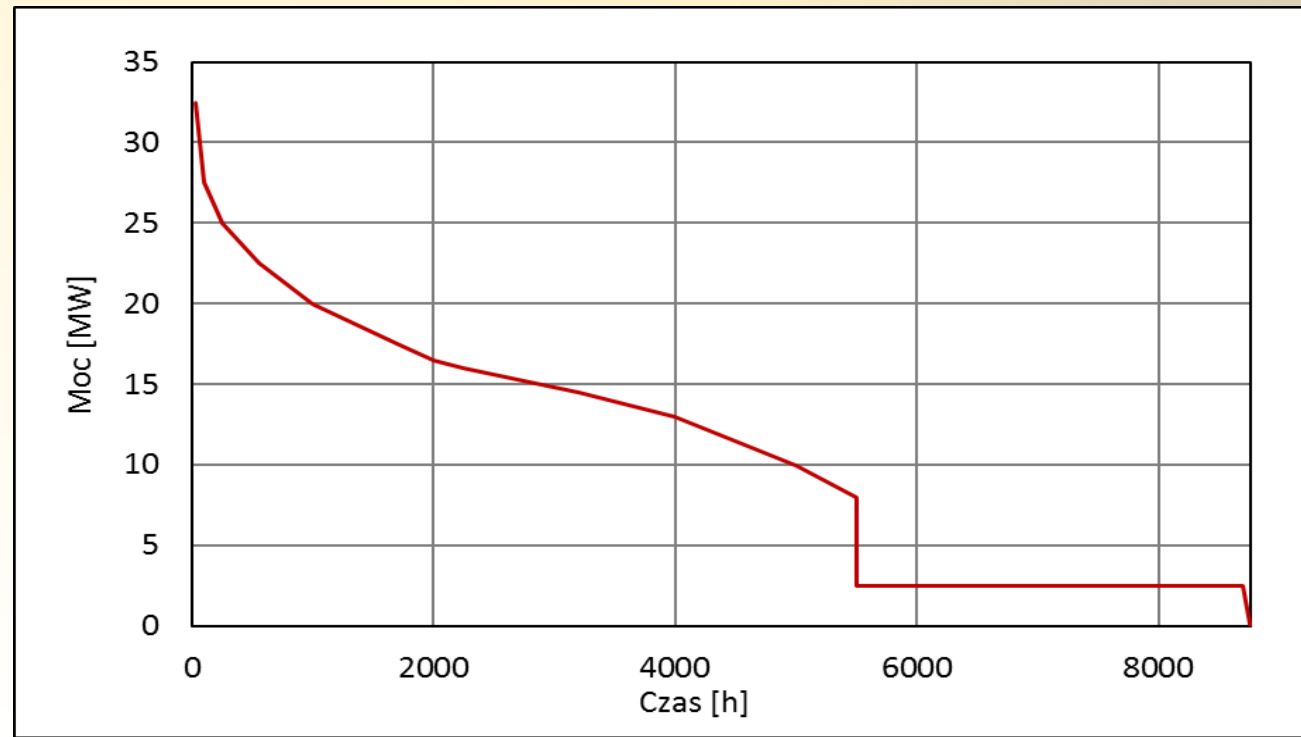
Wymagania związane z budową stacji regazyfikacji

- Budowa stacji regazyfikacji wymaga uzyskania pozwolenia na budowę. Wymagany do tego celu jest projekt budowlany oraz projekt wykonawczy, który uszczegółowia rozwiązania techniczne i technologiczne.
- Na etapie realizacji inwestycja wymaga nadzoru inwestorskiego i autorskiego.
- Wykonawcę zobowiązany jest zapewnić prowadzenie przez osoby do tego uprawnione nadzoru spawalniczego nad wszelkimi pracami spawalniczymi pod względem jakości wykonywanych robót spawalniczych, stosowania ustalonej technologii, zatrudnienia spawaczy o wymaganych kwalifikacjach, stosowania sprzętu spawalniczego oraz warunków pracy zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie przepisami i wymaganiami obowiązujących norm.

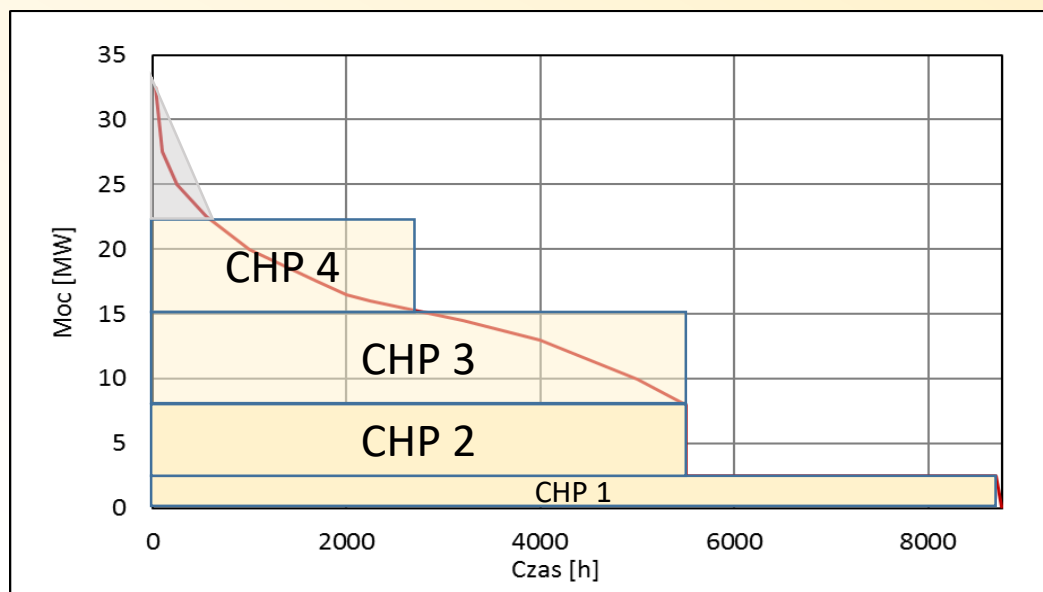
Rozbudowa kotłowni węglowej zasilającej miejski system ciepłowniczy o jednostki zasilane gazem wysokometanowym

Moc zainstalowana: 35 MW
Moc osiągnięta: 32,5 MW
Moc CWU 2,5 MW

Wykres uporządkowany
zapotrzebowania na moc

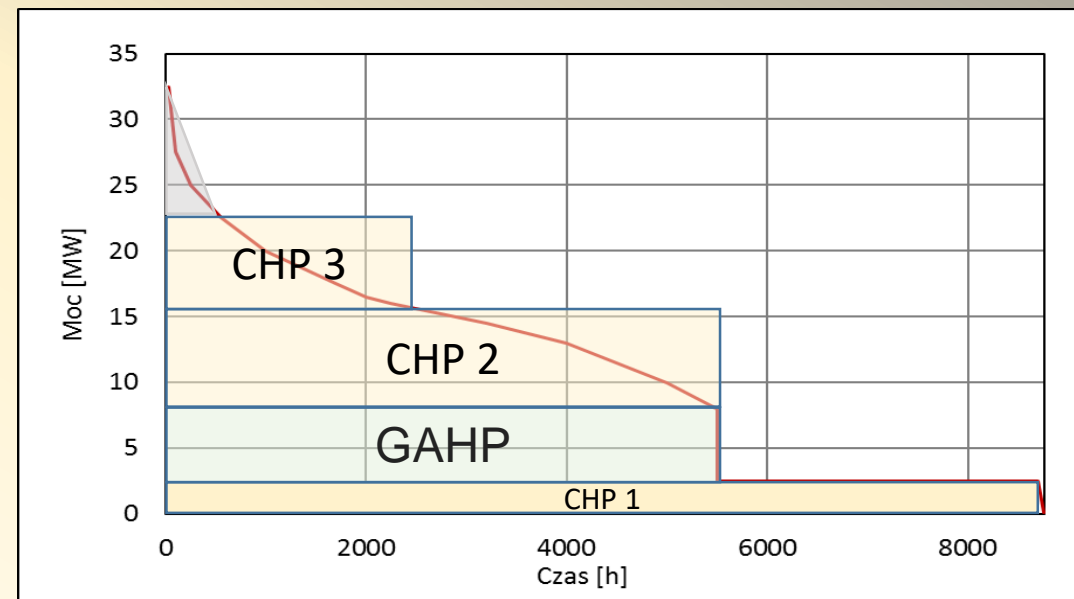


Przykładowe warianty modernizacji



UKŁAD CHP:

Silniki gazowe + szczytowe kotły węglowe 500 h pracy) lub kotły gazowe szczytowe



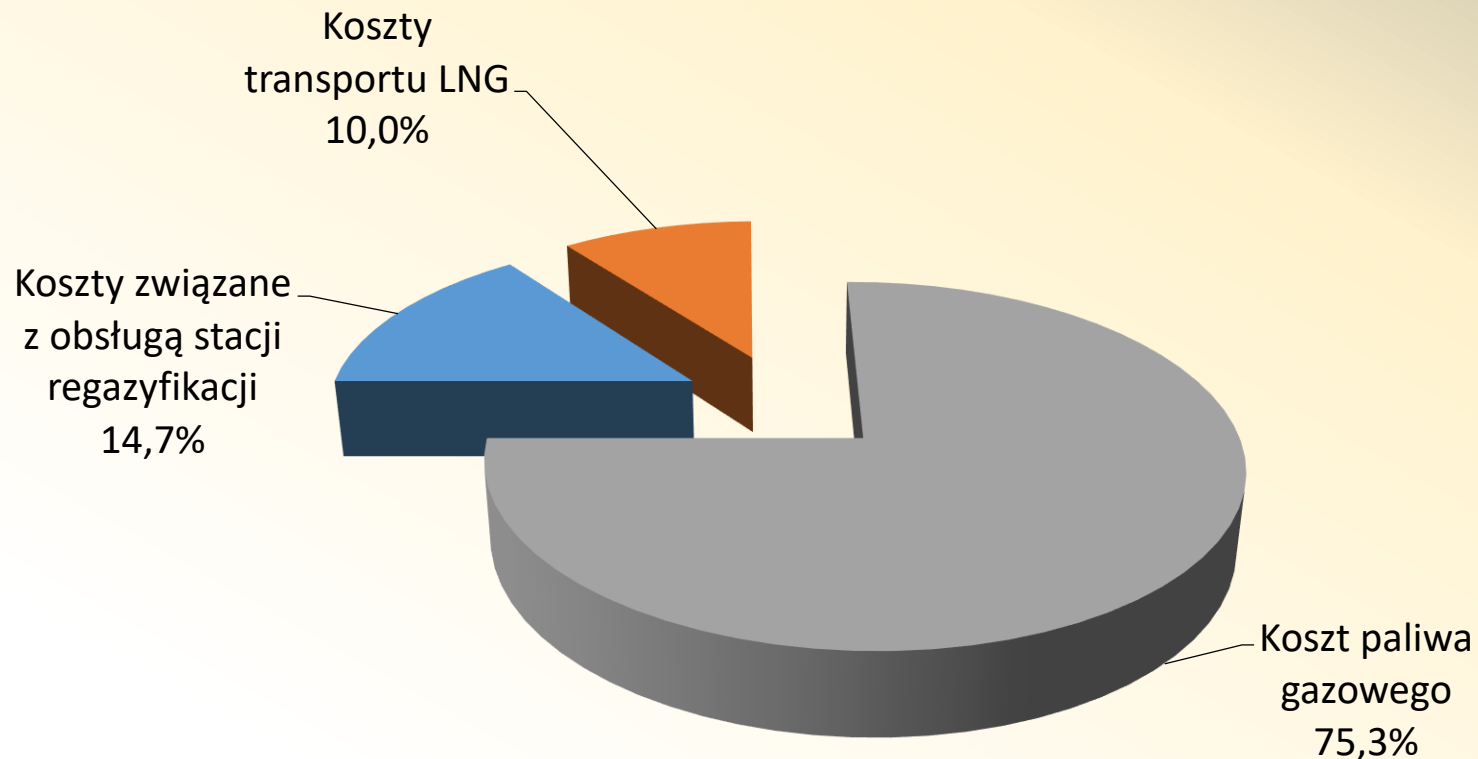
UKŁAD CHP+OZE:

Silniki gazowe + pompa ciepła / gazowa absorpcyjna pompa ciepła + szczytowe kotły węglowe 500 h pracy) lub kotły gazowe szczytowe

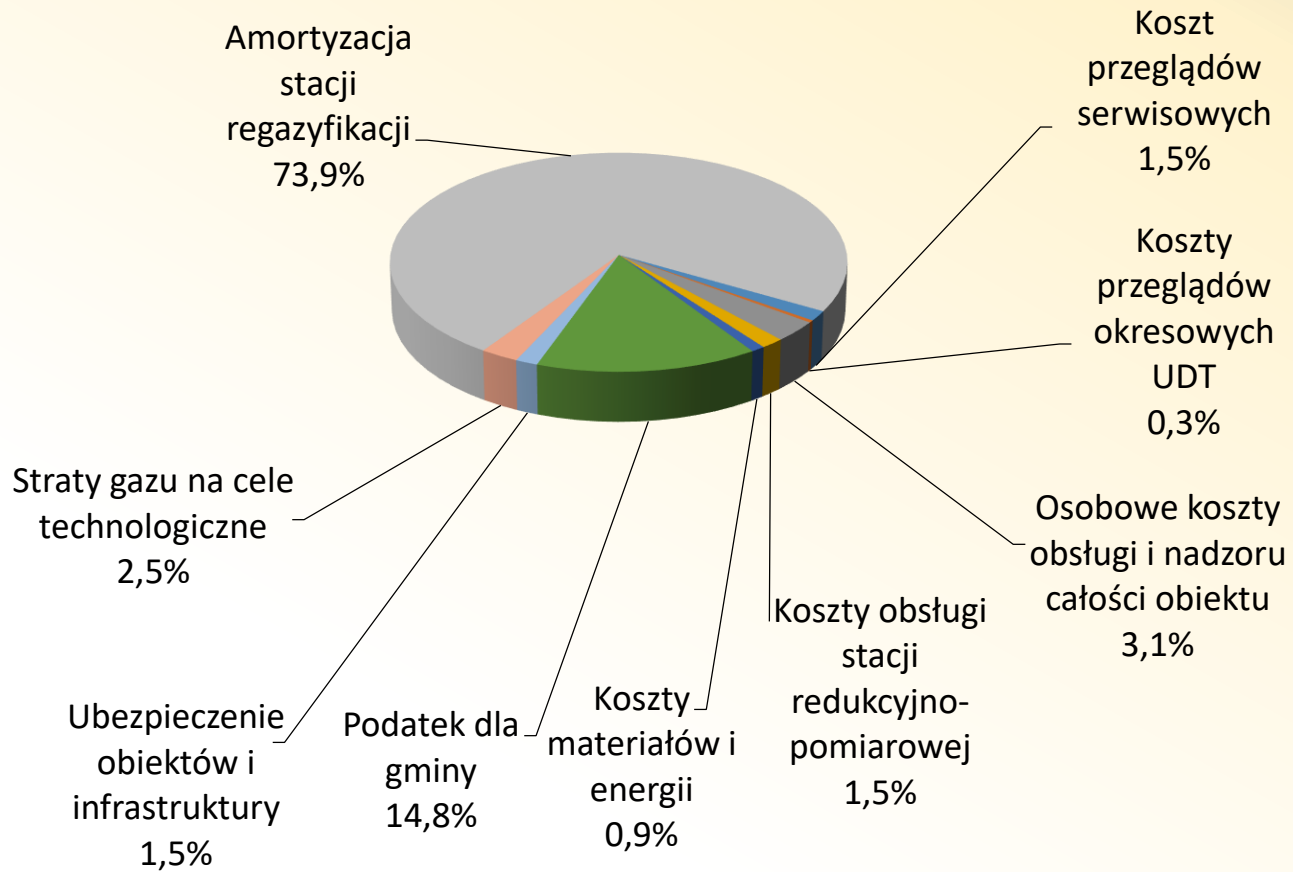
Składniki kosztotwórcze stacji LNG

Stacja regazyfikacji LNG niskotonażowa 1 000 000 m³/rok

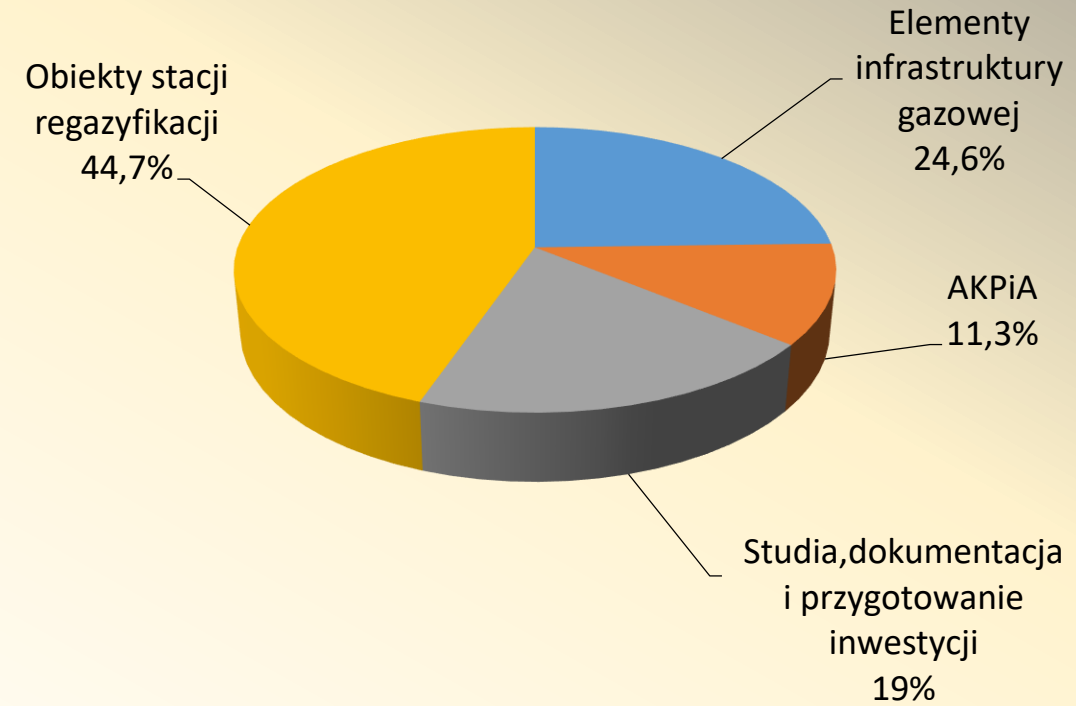
Struktura kosztów łańcucha dostaw LNG



Struktura kosztów stacji regazyfikacji



Struktura nakładów inwestycyjnych



Podsumowanie

Na podstawie danych GUS na dzień 31.12. 2016 r. w Polsce jest 958 gmin niezgazyfikowanych.

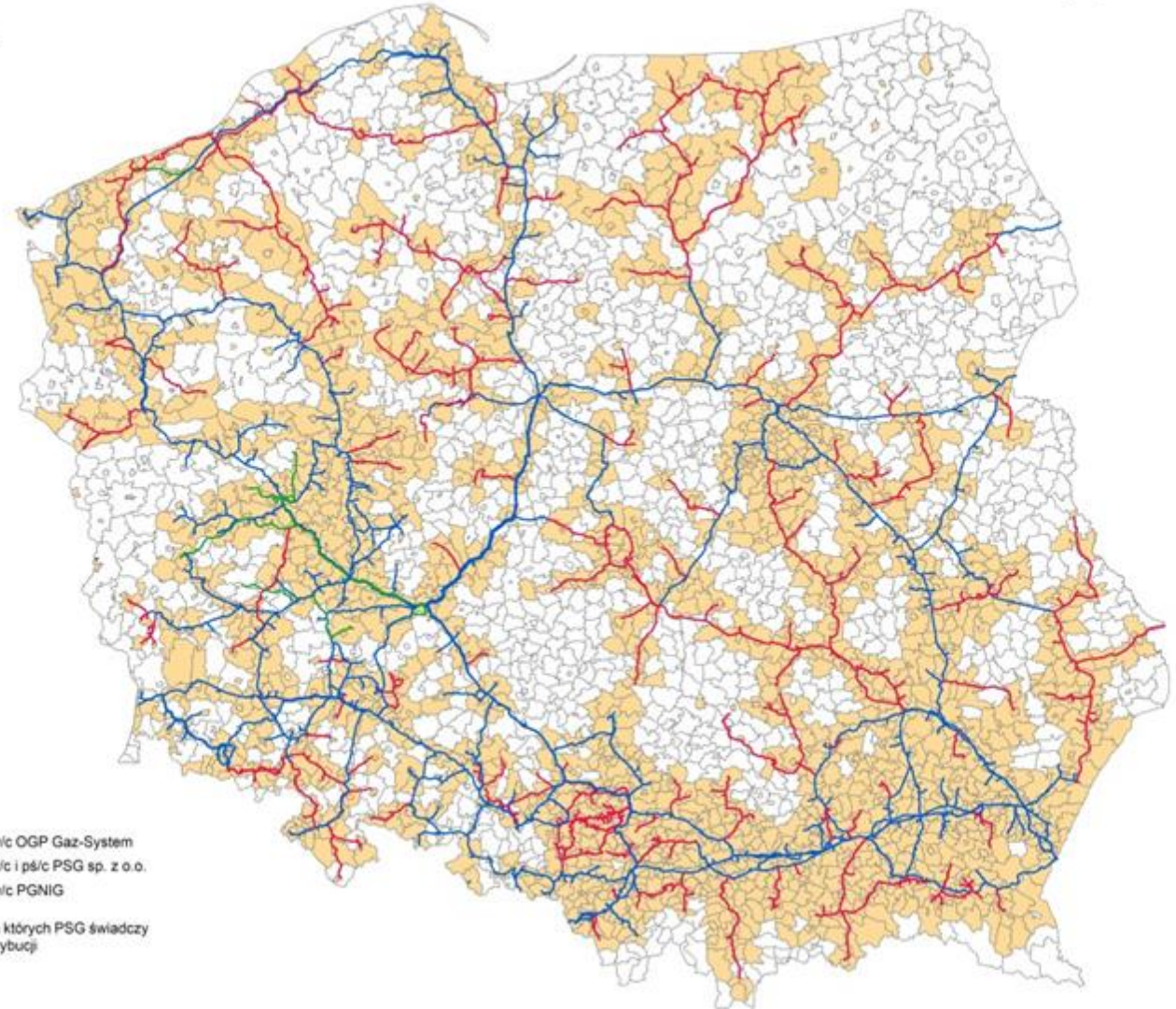
Źródło: Mgr inż. Andrzej Żero: Analiza techniczno-ekonomiczna gazyfikacji z wykorzystaniem stacji LNG oraz wyspowych sieci dystrybucyjnych, rozprawa doktorska PW 2018



Obszar działania Polskiej Spółki Gazownictwa

Legenda

- Gazociągi w/c OGP Gaz-System
- Gazociągi w/c i pś/c PSG sp. z o.o.
- Gazociągi w/c PGNIG
- Obszary, na których PSG świadczy usługę dystrybucji



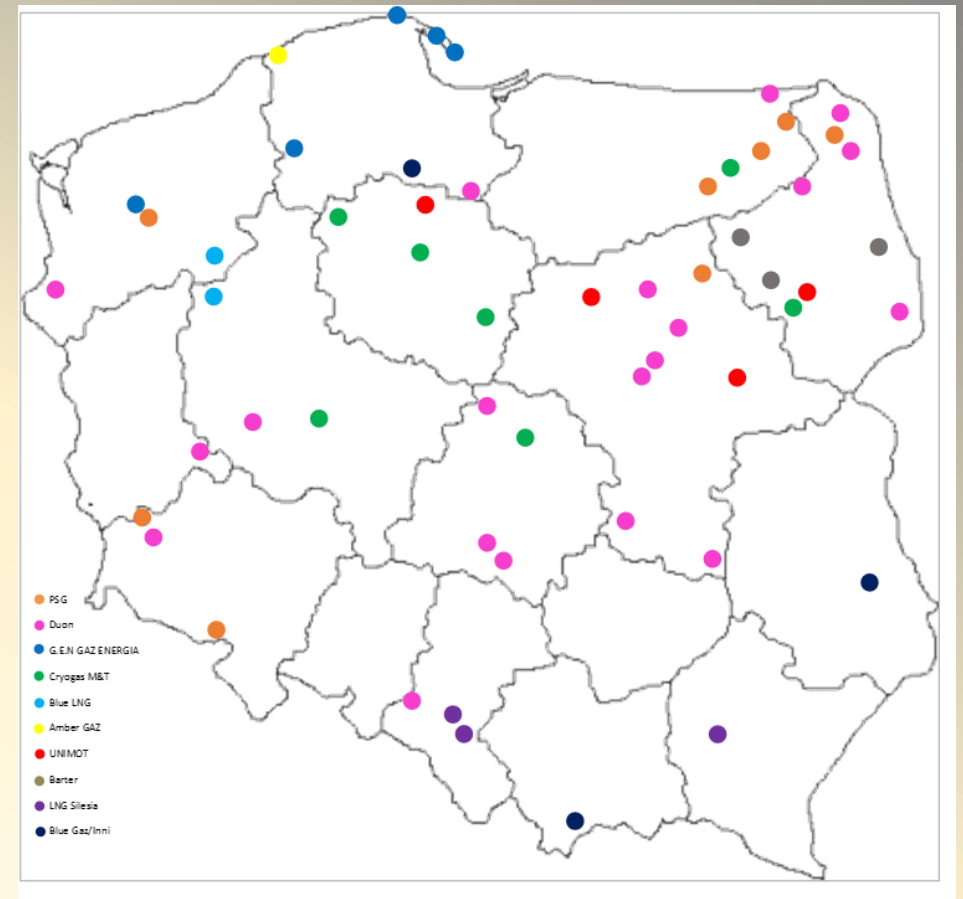
Technologia transportu i regazyfikacji LNG otwiera możliwości zastosowania gazu wysokometanowego w każdej lokalizacji na terenie Polski.



Źródła zaopatrzenia w LNG w Polsce

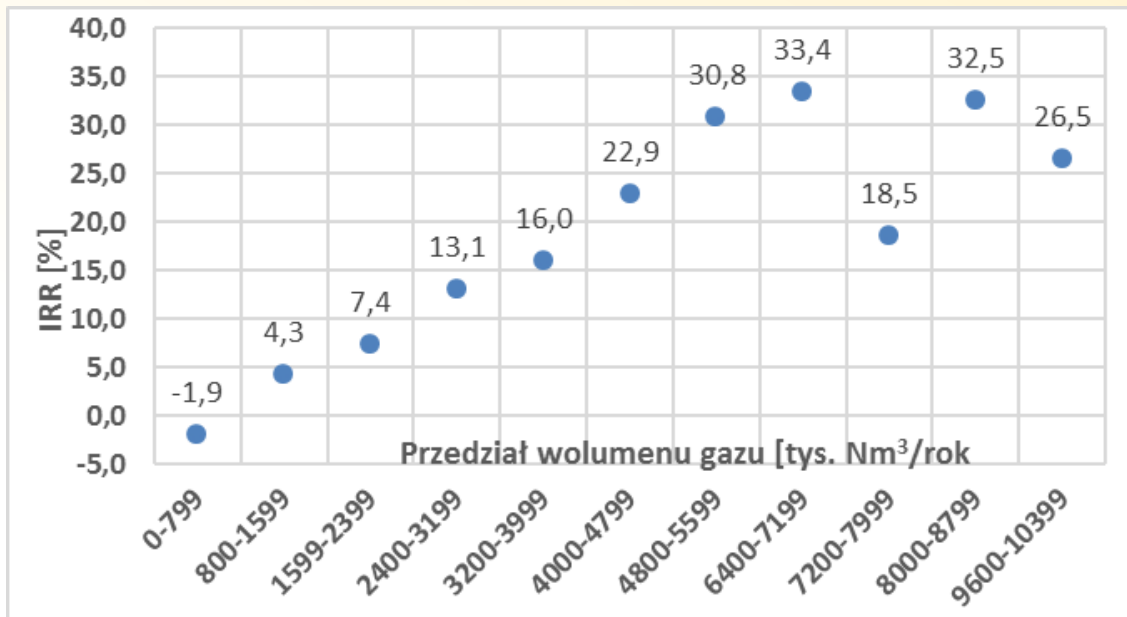
Regazyfikacja LNG niskotonażowa jest technologią w pełni skomercjalizowaną. Obecnie w Polsce jest eksploatowanych 75 stacji regazyfikacji LNG pracujących na potrzeby sieci miejskich i zakładów przemysłowych.

Wybrane stacje regazyfikacji LNG w Polsce

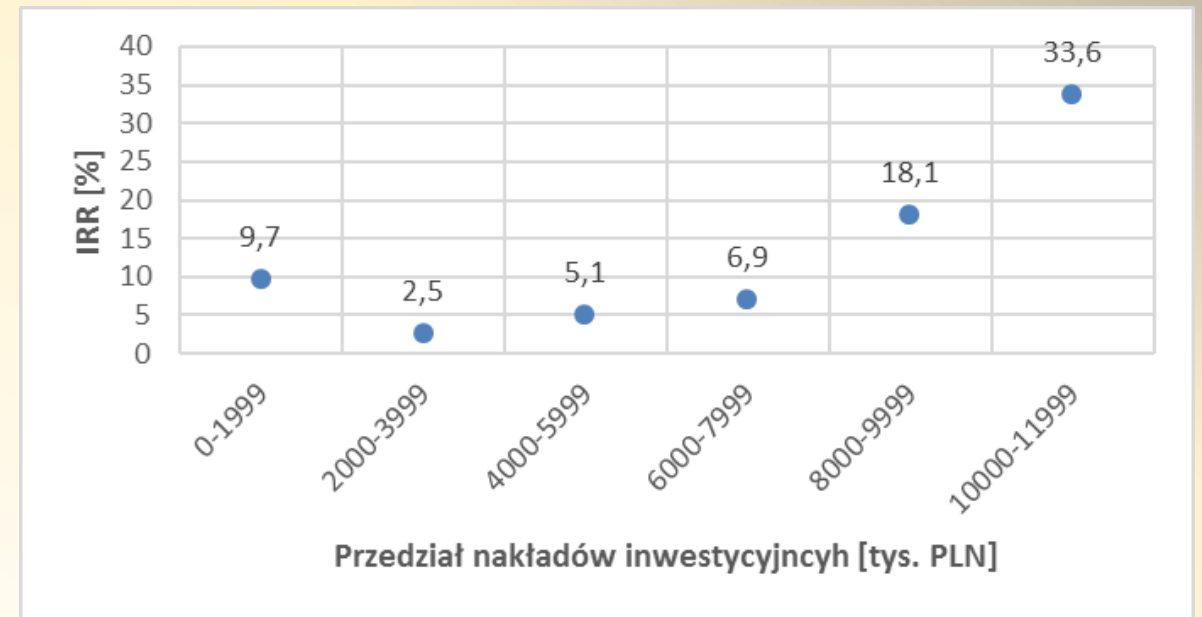


Źródło: Rozprawa doktorska mgr inż. A. Żero : http://gazownictwo.wnp.pl/g-en-gaz-energia-dalej-chcemy-inwestowac,101361_1_0_0.html [I.7], http://bip.gmina-sepolno.pl/?cid=928&bip_id=6625 [I.2], http://www.bip.gminaosiek.pl/druk_bip.php?cid=1311&kat=149&save=1 [I.1], <http://www.unimot.pl/oferta/paliwa-gazowe/> [I.13], <http://www.bluelng.pl/o-firmie/o-spolce/> [I.4], https://www.wrotapodlasia.pl/pl/region_i_gospodarka/wiadomosci/gospodarka/bialostocki-barter-uruchomil-kolejna-stacje-regazyfikacji-skroplonego-gazu-Ing.html [I.15], <http://www.gp24.pl/strefa-biznesu/wiadomosci/z-regionu/a/do-leby-poplynie-gaz-ziemny,10307904/> [I.9], <http://www.glowno.bip.net.pl/?a=1666> [I.8], <https://bip.malopolska.pl/ugbukowinatatrzenska,a,89557,decyzja-o-srodowiskowych-uwarunkowaniach-zgody-na-realizacje-przedsiwzięcia-mogacego-potencjalnie-z.html> [I.3]; dostęp: 7.08.2017 r.)

Uzyskanie efektu ekonomicznego jest zależne od skali przedsięwzięcia. Należy rozważyć możliwość modernizacji kotłowni węglowej oraz wprowadzenie nowej działalności do portfela usług jaką jest regazyfikacja LNG i zasilanie wraz z zarządzeniem lokalną siecią gazową w procesie gazyfikacji wyspowej.



Mediany IRR w przedziałach wolumenu gazu



Mediany IRR w przedziałach nakładów inwestycyjnych

Źródło: Badania ankietowe - Rozprawa doktorska mgr inż. A. Żero, PW 2018r.



Dziękuję za uwagę

Dr inż. Małgorzata Kwestarz

Politechnika Warszawska

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki

i Inżynierii Środowiska

Zakład systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych