

KONFERENCJA NAUKOWO-SZKOLENIOWA CNG:
PALIWO GAZOWE CNG – EKOLOGIA, EKONOMIA,
BEZPIECZEŃSTWO

Wydział Zarządzania Kraków
Polskie Górnictwo i Gazownictwo S.A. Warszawa
Izba Gospodarcza Gazownictwa - Warszawa
Kraków 8-9 maj 2009r.

Janusz Jakóbiec

Akademia Górniczo-Hutnicza Kraków

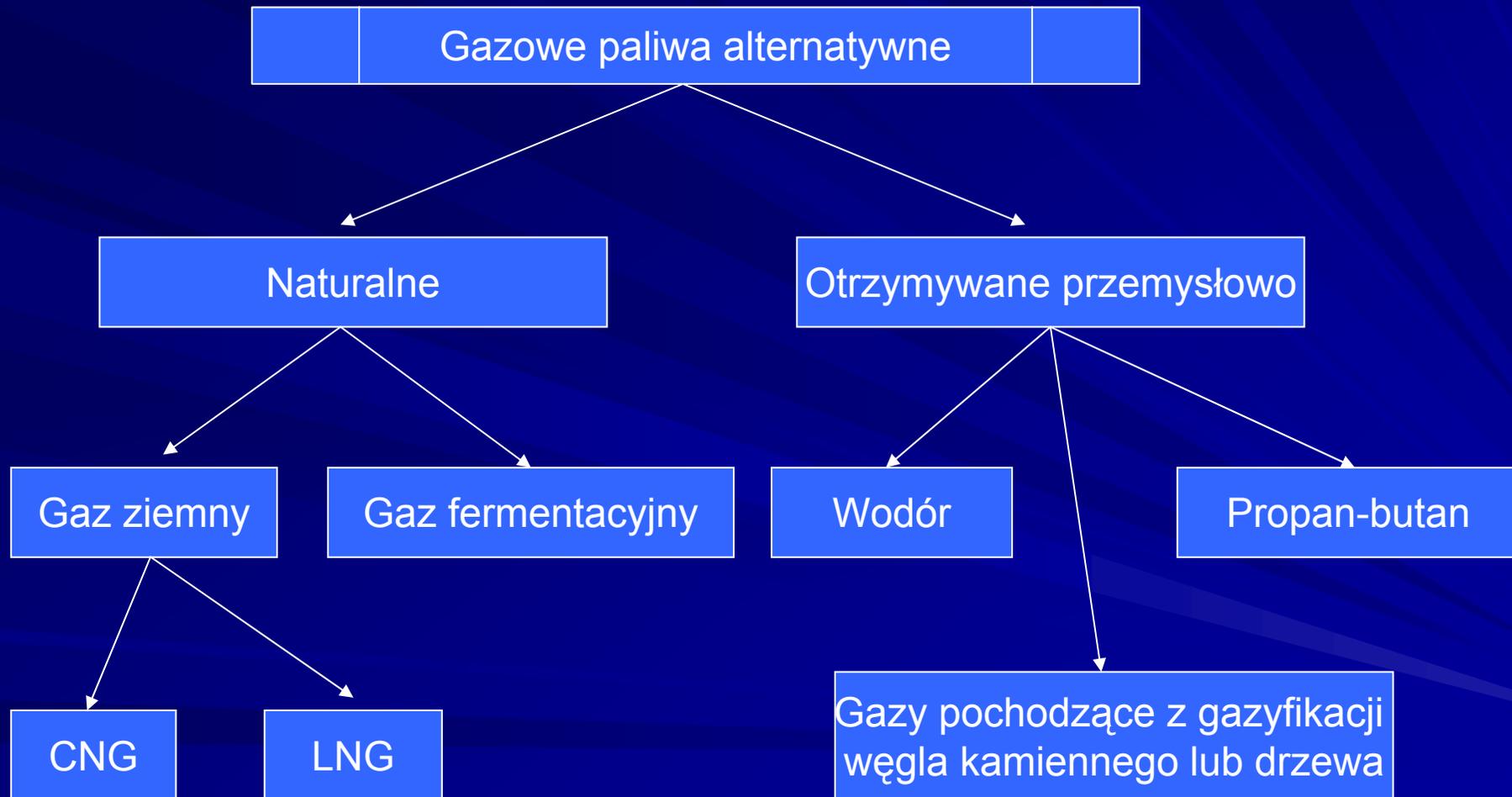
Wydział Energetyki i Paliw

**GAZ ZIEMNY NA TLE INNYCH
PALIW ALTERNATYWNYCH
W POLSCE I NA ŚWIECIE**

WPROWADZENIE

- paliwa ropopochodne stanowią podstawowe źródło napędu pojazdów samochodowych
- kurczące się zasoby ropy naftowej, wysoka jej cena i stały wzrost zapotrzebowania na paliwa ropopochodne oraz postępujący globalny wzrost efektu cieplarnianego wywołany emisją CO₂ skutkuje poszukiwaniem paliw przyjaznych dla środowiska naturalnego
- duże nadzieje wiąże się z:
 - pochodzenia roślinnego: biopaliwo i bioetanol
 - gazowymi: LPG, CNG i LNG
 - biogazem (pozyskiwanym z odpadów zwierzęcych, przemysłu drzewnego, wysypisk śmieci i oczyszczalni ścieków)
 - wodorem jako paliwem najbliższej przyszłości

ŹRÓDŁA POZYSKIWANIA PALIW GAZOWYCH ALTERNATYWNYCH



DYREKTYWA UNII EUROPEJSKIEJ

- **ochrona powietrza i zasobów naturalnych ziemi stanowi istotne zagadnienie strategii zrównoważonego rozwoju społeczeństw XXI wieku**
- **Komisja Europejska sugeruje wzrost paliw alternatywnych w transporcie drogowym do 20% do roku 2020 w tym:**
 - **gazu ziemnego do 10%**
 - **gazu LPG do 5%**
 - **wodoru o kilka procent**

GAZ PROPAN-BUTAN JAKO PALIWO DO SILNIKÓW POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

- Gaz propan-butan – ugruntowana pozycja na polskim rynku
- Podstawowy dokument określający przydatność mieszaniny propan-butan jako paliwa silnikowego - norma PN-EN 589

| Właściwości | Jednostki | Granice | | Metody badawcze |
|--|-----------|---------|-----------|---|
| | | Min. | Maks. | |
| Motorowa liczba oktanowa (MON) | | 89 | | Metoda obliczeniowa wg Załącznika do EN:589 |
| Całkowita zawartość dienów (włączając 1,3-butadien) | %mol | | 0,5 | ISO 7941 |
| Siarkowodór | | | brak | ISO 8819 |
| Całkowita zawartość siarki (po nawonnieniu) | mg/kg | | 50 | EN:24260 |
| Korozja na płycie miedzianej (1 h w 40°C) | klasy | | stopień 1 | ISO 6251 ¹⁾ |
| Pozostałość po odparowaniu | mg/kg | | 100 | NF M 41-915 |
| Prężność par, bezwzględna w 40°C | kPa | | 1550 | ISO 4256 |
| Względna prężność par minimum 150 [kPa] w temperaturze | °C | | | ISO 4256 |
| – dla gatunku A | | | -10 | |
| – dla gatunku B | | | -5 | |
| – dla gatunku C | | | 0 | |
| – dla gatunku D | | | +10 | |

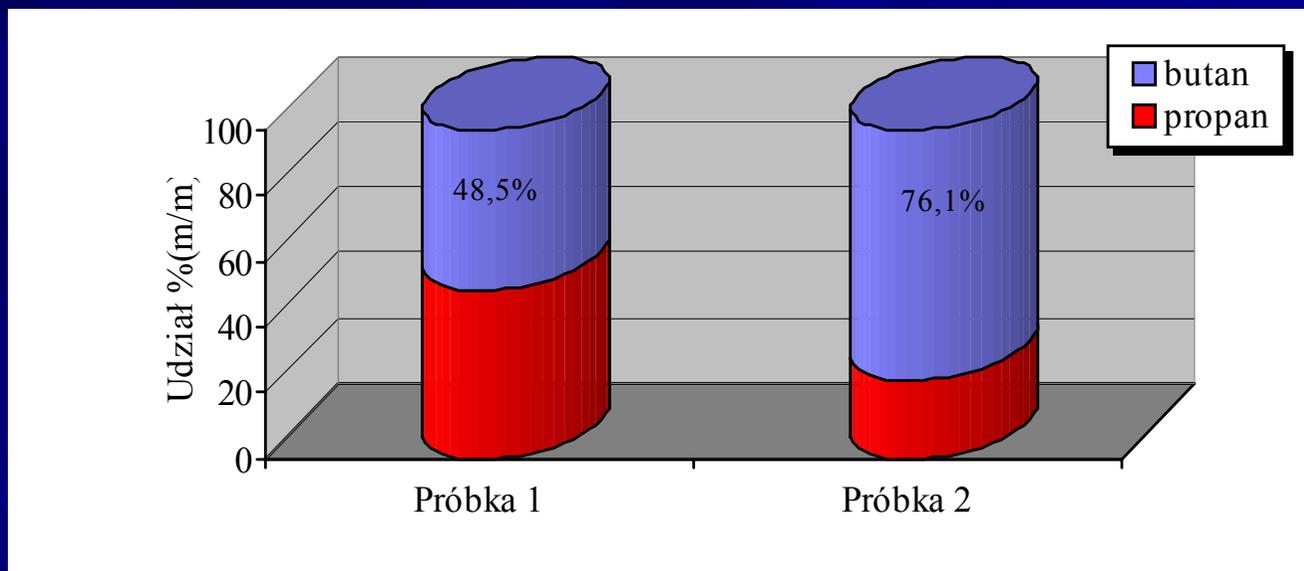
¹⁾ – Tą metodą nie można dokładnie określić obecności czynników powodujących korozję w próbce zawierającej substancje antykorozyjne, albo inne związki chemiczne, które zmniejszają korozyjność próbki w stosunku do taśmy miedzianej. Dlatego zakazane jest dodawanie takich związków wyłącznie z powodu wywołania odchylenia wyników badań.

PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE MIESZANINY PROPAN-BUTAN WPŁYWAJĄCE NA PRACĘ SILNIKA SPALINOWEGO

- skład węglowodorowy gazu propan-butan
- liczba oktanowa motorowa LOM
- wartość opałowa paliwa
- względna prężność par węglowodorów
- niska zawartość siarkowodoru
- niska zawartość dienów i odpowiednia suchość substancji oleistych obecnych w gazie
- czystość mieszaniny propan-butan

SKŁAD WĘGLOWODOROWY GAZU PROPAN-BUTAN

- Istotne znaczenie – udział propanu do butanu w procesie spalania

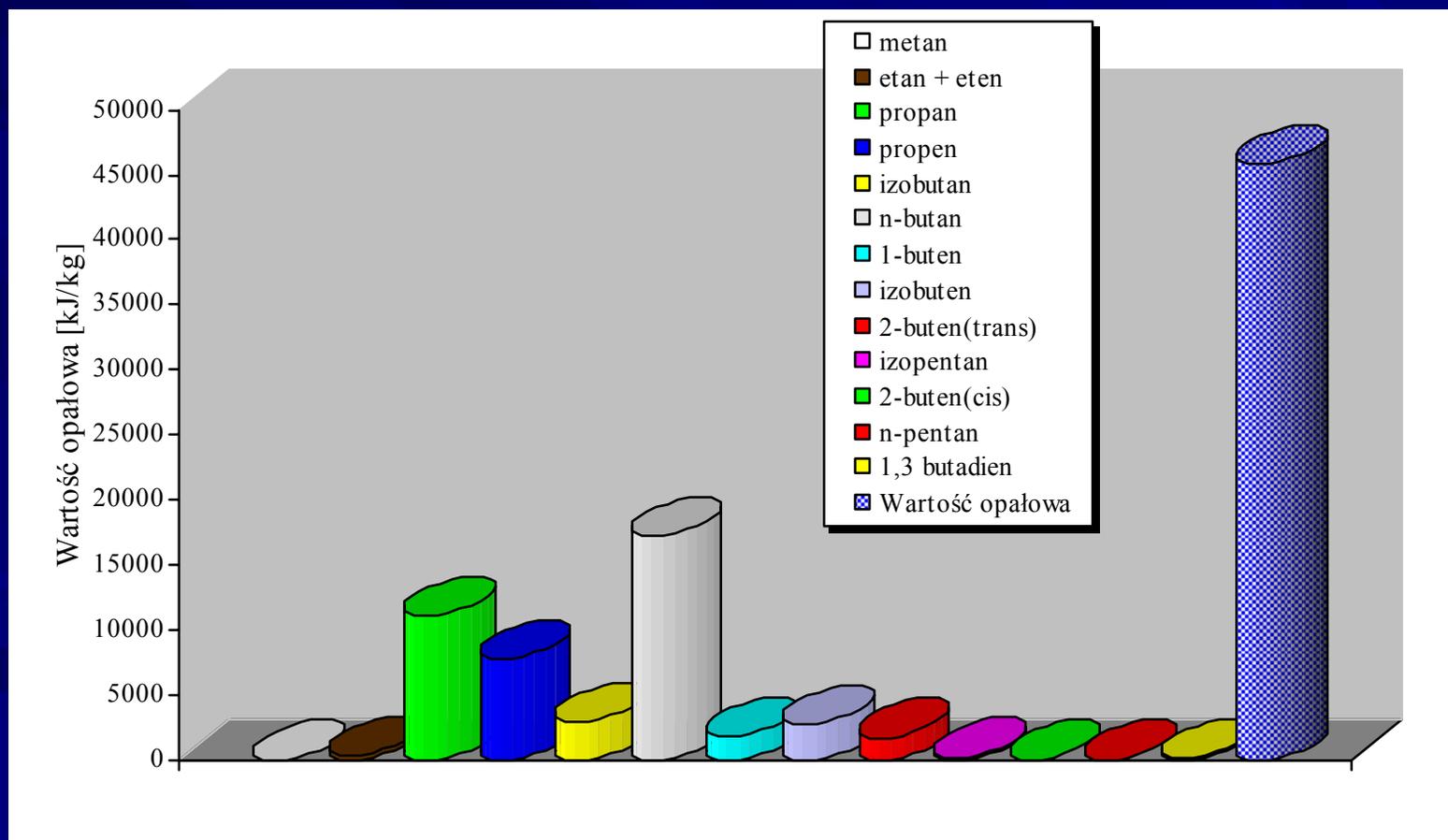


Procentowy udział molowy propanu do butanu w LPG dla dwóch badanych próbek (1 i 2) okresu zimowego na polskim rynku

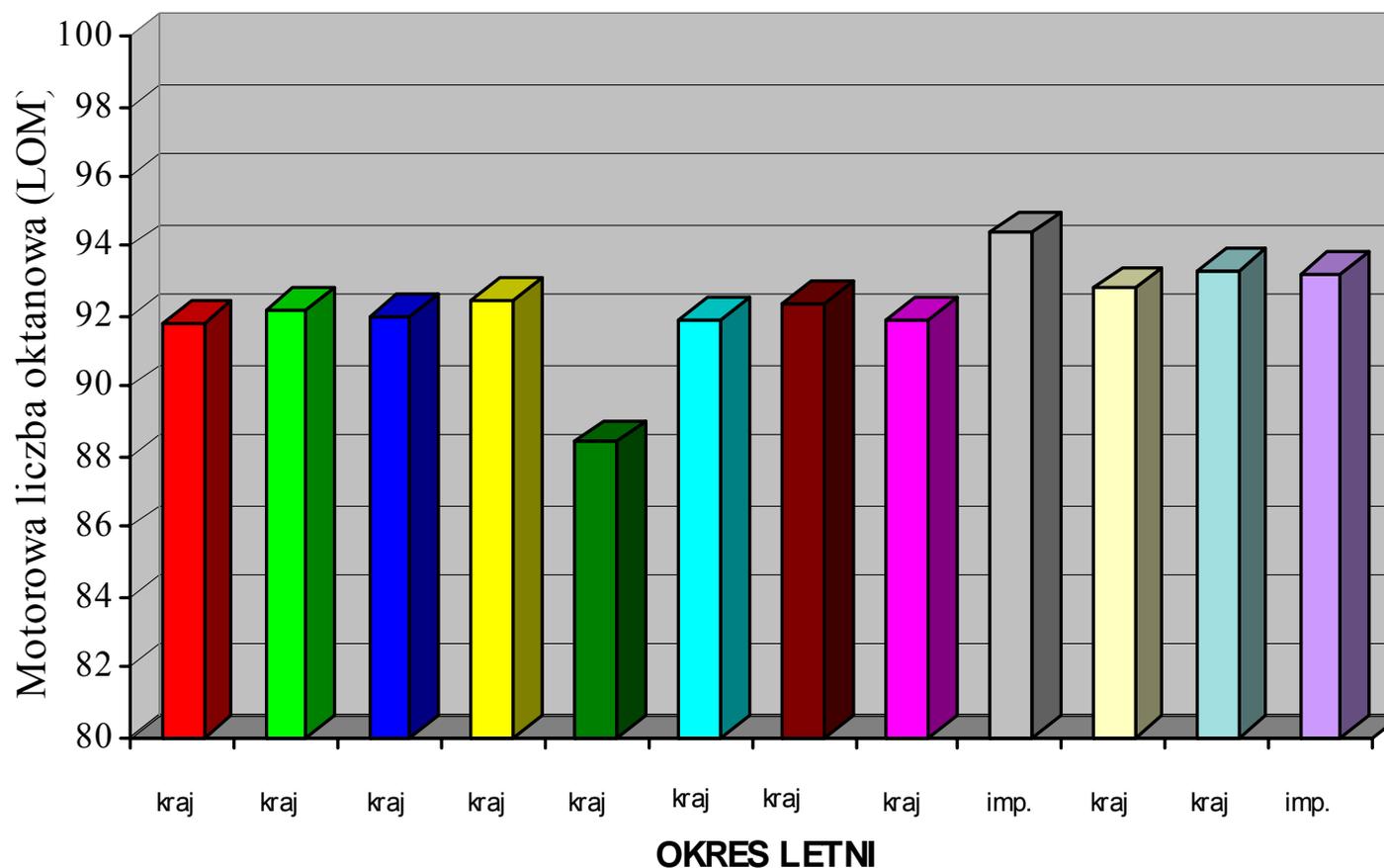
SKŁAD WĘGLOWODOROWY MIESZANINY PROPAN-BUTAN WG NORMY PN-EN 589

| Skład węglowodorowy gazu propan-butan | | Udział poszczególnych składników w wartości opałowej LPG [kJ/kg] | PRÓBKA | |
|--|---|---|--------|--------|
| | | | %mol | %(m/m) |
| metan | CH ₄ | – | – | – |
| etan + etyn | C ₂ H ₆ + C ₂ H ₄ | 284 | 1,1 | 0,6 |
| propan | C ₃ H ₈ | 11080 | 28,0 | 23,9 |
| propen | C ₃ H ₆ | 7691 | 19,6 | 16,8 |
| izobutan | C ₄ H ₁₀ | 2917 | 5,6 | 6,4 |
| n-butan | C ₄ H ₁₀ | 17189 | 32,8 | 37,6 |
| 1-buten | C ₄ H ₈ | 1812 | 3,5 | 4,0 |
| izobuten | C ₄ H ₈ | 2745 | 5,3 | 6,1 |
| 2-buten(trans) | C ₄ H ₈ | 1712 | 3,4 | 3,8 |
| izopentan | C ₅ H ₁₂ | 181 | 0,3 | 0,4 |
| 2-buten(cis) | C ₄ H ₈ | 45 | 0,1 | 0,1 |
| n-pentan | C ₅ H ₁₂ | 45 | 0,1 | 0,1 |
| 1,3 butadien | C ₄ H ₆ | 89 | 0,2 | 0,2 |
| Liczba oktanowa (LOM) | | | 88,4 | |
| Gęstość [t/m ³] | | | 0,552 | |
| Prężność par [MPa] | | | 0,908 | |
| Wartość opałowa [kJ/kg] | | 45800 | | |

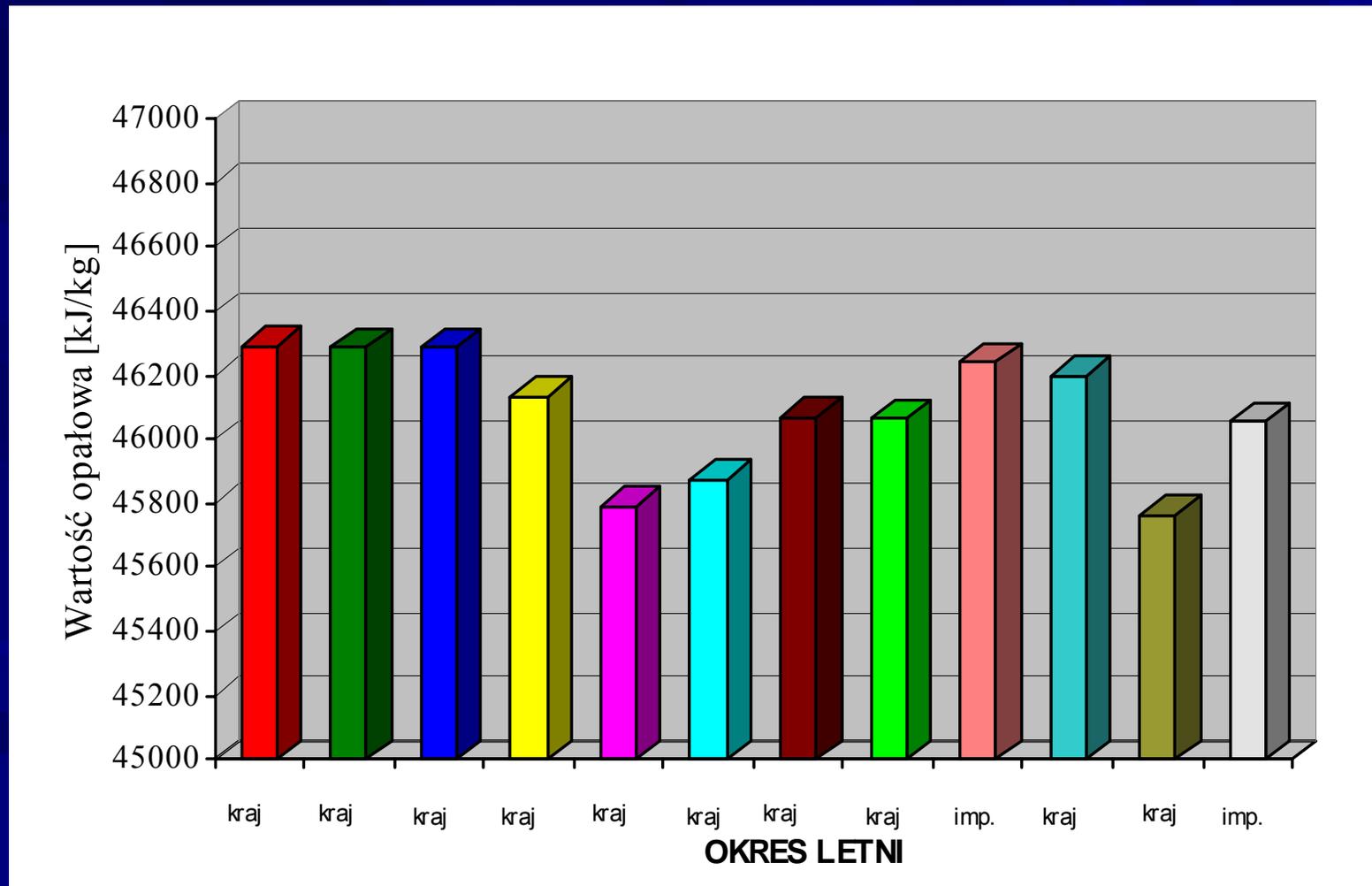
GRAFICZNA ILUSTRACJA UDZIAŁU SKŁADU WĘGLOWODOROWEGO MIESZANINY PROPAN-BUTAN W KSZTAŁTOWANIU WARTOŚCI OPAŁOWEJ GAZU



OZNACZENIE LICZBY OKTANOWEJ MOTOROWEJ LOM MONITOROWANYCH PRÓBEK GAZU LPG PRODUKCJI KRAJOWEJ I Z IMPORTU



OZNACZENIE WARTOŚCI OPAŁOWEJ MIESZANINY PROPAN-BUTAN PRODUKCJI KRAJOWEJ I Z IMPORTU



WSKAŹNIKI ROBOCZE SILNIKA O ZI ZASILANEGO MIESZANINĄ PROPAN-BUTAN

- **mniejsza moc efektywna silnika o ZI rzędu 10-15%
(w zależności od systemu zasilania gazem LPG – generacja)**
- **mniejszy moment obrotowy silnika rzędu 8-10%
(stara generacja systemów zasilania)**
- **wzrost zużycia eksploatacyjnego paliwa o ok. 10%
w stosunku do benzyny (w przypadku II generacji
systemu zasilania gazem)**

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE TRWAŁOŚĆ SILNIKA ZASILANEGO MIESZANINĄ PROPAN-BUTAN

- **jakość paliwa gazowego (LPG) spełniająca wymagania normy PN-EN 589**
- **wymagana jakość oleju smarującego (formulacja wzbogacona pakietem dodatków uszlachetniających)**
- **warunki pracy silnika (obciążenie, prędkość obrotowa)**

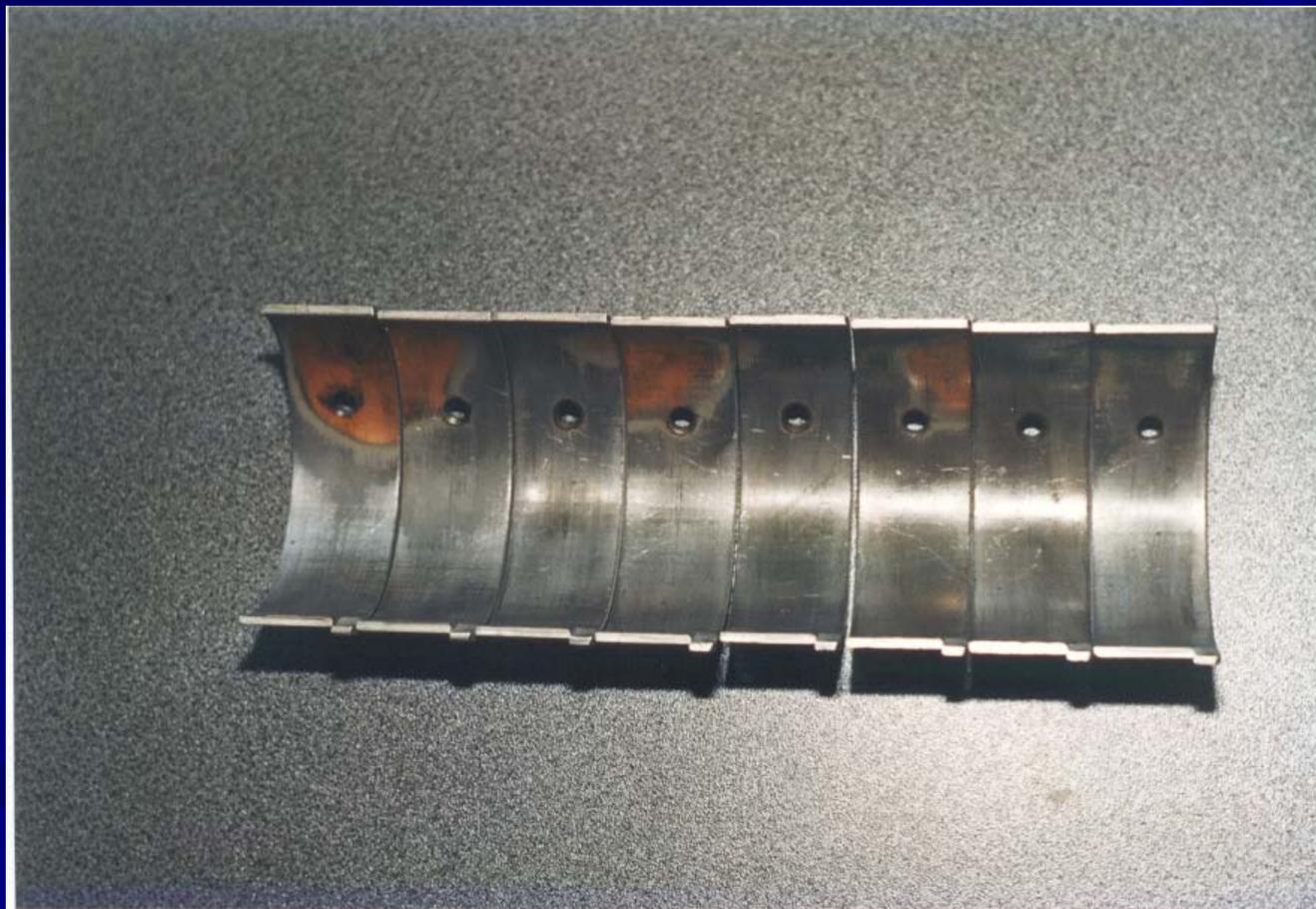
TYPOWE NIEDOMAGANIA PRACY SILNIKA ZASILANEGO GAZEM PROPAN-BUTAN

- **Proces korozji instalacji gazowej (zwiększona zawartość siarkowodoru i dienów)**
- **Zainicjonowany proces zużycia zaworów wydechowych i gniazd w głowicy silnika**
- **Skrócenie trwałości układu oczyszczania spalin w samochodzie (katalizator)**
- **Oddziaływanie kwaśnych produktów procesu spalania (benzyny i gazu LPG) na olej silnikowy**

PROCES KOROZYJNY ZAWORÓW WYDECHOWYCH GŁOWICY SILNIKA PO PRZEBIEGU EKSPLOATACYJNYM 70 TYS. KM



WPLYW ODDZIAŁYWANIA PRODUKTÓW SPALANIA BENZYNY I MIESZANINY PROPAN-BUTAN NA OLEJ SILNIKOWY



**PROCES RECESJI (OBNIŻENIA) GNIAZDA
ZAWORU WYDECHOWEGO GŁOWICY
SILNIKA PO PRZEBIEGU EKSPLOATACYJNYM
30 TYS. KM**



TYPOWE NIEDOMAGANIE ŚWIEC ZAPŁONOWYCH SILNIKA ZASILANEGO GAZEM LPG



GAZ PROPAN-BUTAN JEST PALIWEM CZYSTYM?

- ciężkie frakcje oleju mineralnego
- węglowodory o dłuższych łańcuchach (pentany, penteny itp.)
- siarkowodór
- woda



Zanieczyszczony wkład filtrujący w odstojniku zaworu reduktora
po przebiegu 15 tys. km

DODATKI USZLACHETNIAJĄCE DO PALIWA GAZOWEGO PROPAN-BUTAN

- **środki powierzchniowo-czynne – wiążą i rozpuszczają wodę ułatwiając odparowanie gazu LPG**
- **inhibitory korozji – zapobiegają korozji instalacji gazowej i zbiornika (woda kondensacyjna), zawory i gniazda silnika**
- **emulgatory - – rozmiękczenie i likwidowanie osadów z ciężkich frakcji (z długich łańcuchów węglowodorowych) w instalacji gazowej – wkład filtra**

OCENA PRZYDATNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ GAZU PROPAN-BUTAN JAKO PALIWA SILNIKOWEGO

- **z punktu widzenia zasilania silnika gazem propan-butan można uważać za paliwo porównywalne do paliwa konwencjonalnego (benzyna), choć nie pozbawione cech niedoskonałości**
- **jego wysoka pozycja jako paliwa na rynku krajowym to przede wszystkim cena w stosunku do paliw konwencjonalnych**

ZALETY PALIWA GAZOWEGO PROPAN-BUTAN

- **wysoka liczba oktanowa badawcza w granicach 89-110 jednostek, w przypadku gdy LPG spełnia wymagania normy europejskiej PN-EN 589:2003;**
- **łatwość mieszania się paliwa gazowego z powietrzem, wskutek czego mieszanę napływającą do cylindrów cechuje duża jednorodność, co zapewnia jednakowe obciążenia cieplne wszystkich cylindrów;**
- **spalane paliwo gazowe powoduje mniejszą emisję składników szkodliwych w spalinach, a procesowi temu nie towarzyszy tworzenie się osadów w komorze spalania;**
- **istnieje możliwość stosowania większego stopnia sprężania w silnikach ZI, w przypadku instalacji jednoprzewodowej (tylko gazowej) przez producenta samochodu;**
- **nie ma obawy rozcieńczania oleju smarowego.**

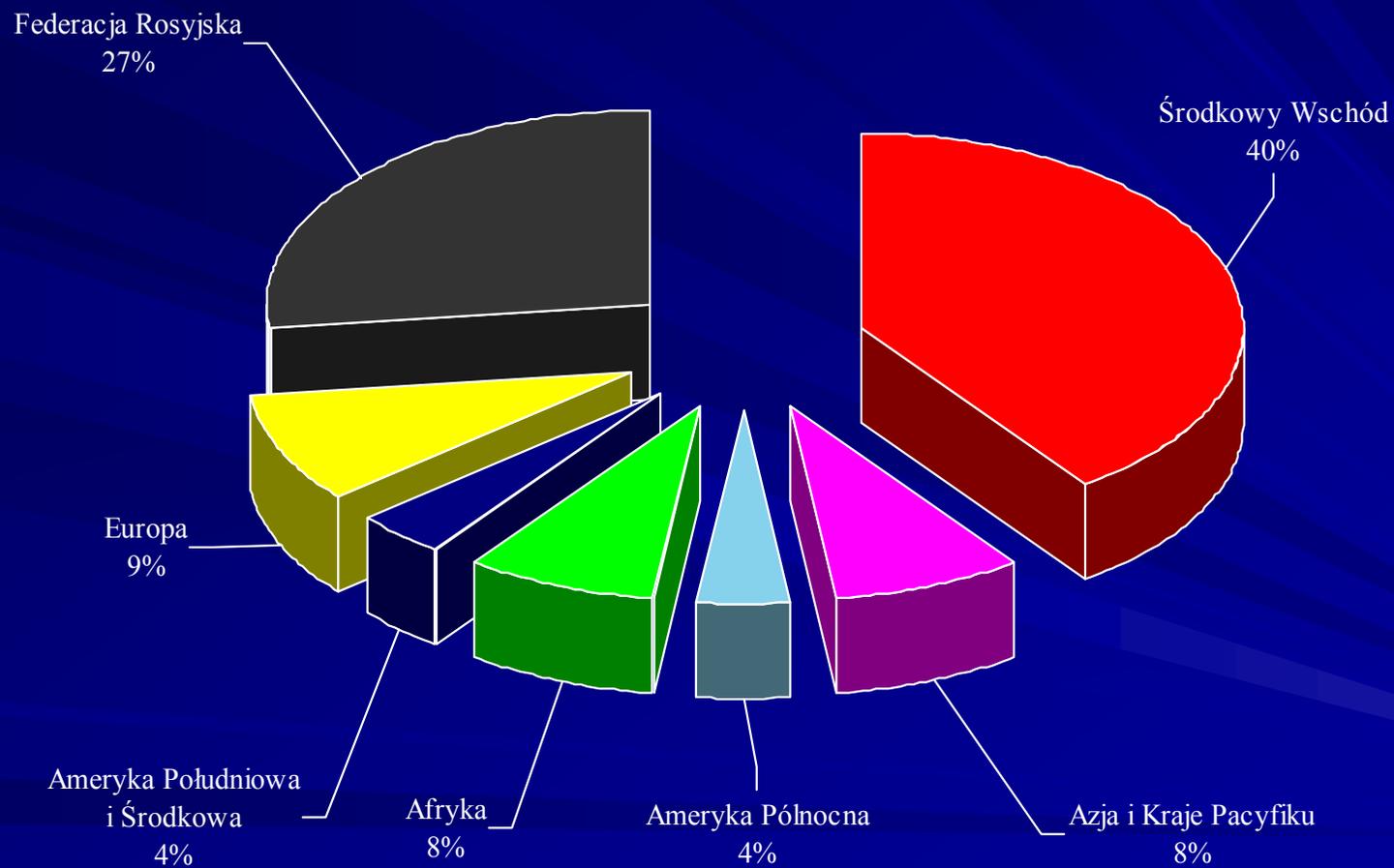
WADY – CECHY NIEDOSKONAŁOŚCI PALIWA GAZOWEGO PROPAN-BUTAN

- **znacznie mniejsza gęstość mieszaniny propan-butan w stosunku do paliwa węglowodorowego (benzyny);**
- **brak efektu chłodzenia zaworów dolotowych mieszaniną gazowo-powietrzną (szybko odparowuje);**
- **wyższa temperatura spalania mieszaniny propan-butan (obniżenie gniazd zaworów wydechowych – recesja);**
- **mniejsza moc użyteczna silnika rzędu ok. 10-15% (stara generacja silników samochodowych);**
- **mniejszy moment obrotowy silnika o ok. 10%;**
- **większe zużycie eksploatacyjne mieszaniny propan-butan w $\text{dm}^3/100 \text{ km}$ w porównaniu do benzyny o ok. 10% (stara generacja układów zasilania gazem).**

GAZ ZIEMNY JAKO PALIWO SILNIKOWE

- **Duże nadzieje wiąże się w Polsce z gazem ziemnym jako paliwem silnikowym ze względu na:**
 - **większe naturalne zasoby niż ropy naftowej**
 - **dywersyfikację paliw silnikowych**
 - **cechy gazu ziemnego jako paliwa:**
 - a) ekologicznego**
 - b) bezpiecznego**
 - c) wygodnego w użytkowaniu**

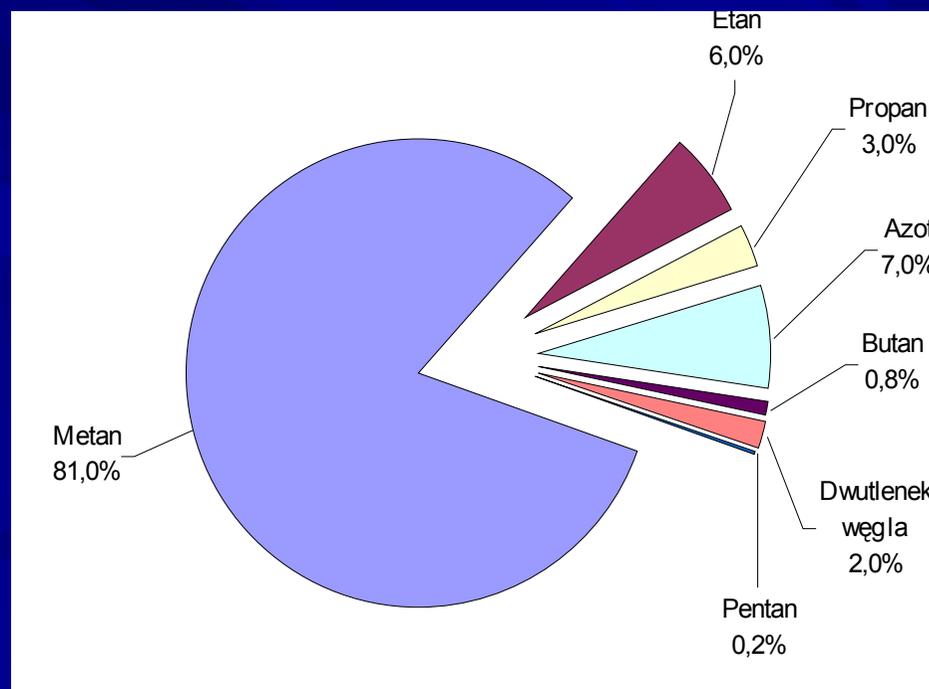
ZASOBY GAZU ZIEMNEGO NA ŚWIECIE



SKŁAD CHEMICZNY GAZU ZIEMNEGO

- gaz ziemny jest mieszaniną gazów o różnym i niepowtarzalnym składzie chemicznym, w zależności od miejsca jego wydobycia
- głównym składnikiem jest metan (CH_4) oraz cięższe węglowodory jak:

- etan (C_2H_6),
- propan (C_3H_8),
- butan (C_4H_{10}),
- azot (N_2)
- różne związki siarki



PRZYDATNOŚĆ GAZU ZIEMNEGO CNG DO ZASILANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH

- podstawowym dokumentem określającym jakość gazu ziemnego jako paliwa do napędu pojazdów samochodowych to norma PN-EN ISO 15403
- w uzupełnieniu normy PN-EN ISO 15403 wprowadzono specyfikację „Wymagania co do składu gazu ziemnego” dzieląc gaz na cztery grupy: G20, G31, G23 i G25
- norma PN-EN ISO 15403 określa dopuszczalne zanieczyszczenia gazu:
 - a) wodą $<0,03 \text{ g/m}^3$ w gazie sprężonym do 250 bar w temp. nie niższej niż -13°C
 - b) zawartość siarki $<120 \text{ mg/m}^3$ (katalizator)
 - c) olejem w procesie sprężania: 70-200 ppm
 - d) zawartość merkaptanów $<15 \text{ mg/m}^3$

PRZYDATNOŚĆ GAZU ZIEMNEGO DO ZASILANIA SILNIKÓW SAMOCHODOWYCH

- Istotnymi parametrami kształtującymi przydatność gazu ziemnego jako paliwa do zasilania silników spalinowych są:
 - liczba Wobbe'go;
 - wartość opałowa mieszaniny powietrzno-gazowej;
 - liczba metanowa.

- Liczba Wobbe'go wyrażona jest zależnością:

$$W_o = \frac{H_o}{\sqrt{d_{vc}}}$$

gdzie:

H_o – ciepło spalania gazu

d_{vc} – stosunek gęstości gazu do gęstości powietrza

WYKORZYSTANIE GAZU ZIEMNEGO ZE WZGLĘDU NA STAN SKUPIENIA

- sprężony CNG (Compressed Natural Gas)
- skroplony LNG (Liquefied Natural Gas)
- **Gaz ziemny sprężony (CNG) jako paliwo do zasilania silników w pojazdach samochodowych nie wymaga żadnej obróbki technologicznej poza sprężaniem i osuszaniem.**

ZALETY SPREŻONEGO GAZU ZIEMNEGO CNG

- Do pozytywnych cech gazu ziemnego sprężonego CNG należy:
 - wysoka liczba oktanowa (możliwość stosowania wysokich stopni sprężania);
 - łatwość mieszania się z powietrzem, dzięki czemu mieszanka jest jednorodna;
 - szerokie granice zapłonu mieszanek gazowo-powietrznych, dzięki czemu jest możliwe spalanie mieszanek bardzo ubogich;
 - wysoka temperatura samozapłonu (mniejsze niebezpieczeństwo samozapłonu)
 - zbliżona do zera zawartość siarki;
 - bardzo mała emisja cząstek stałych;
 - niższy poziom emisji tlenków azotu dzięki niższej temperaturze spalania.

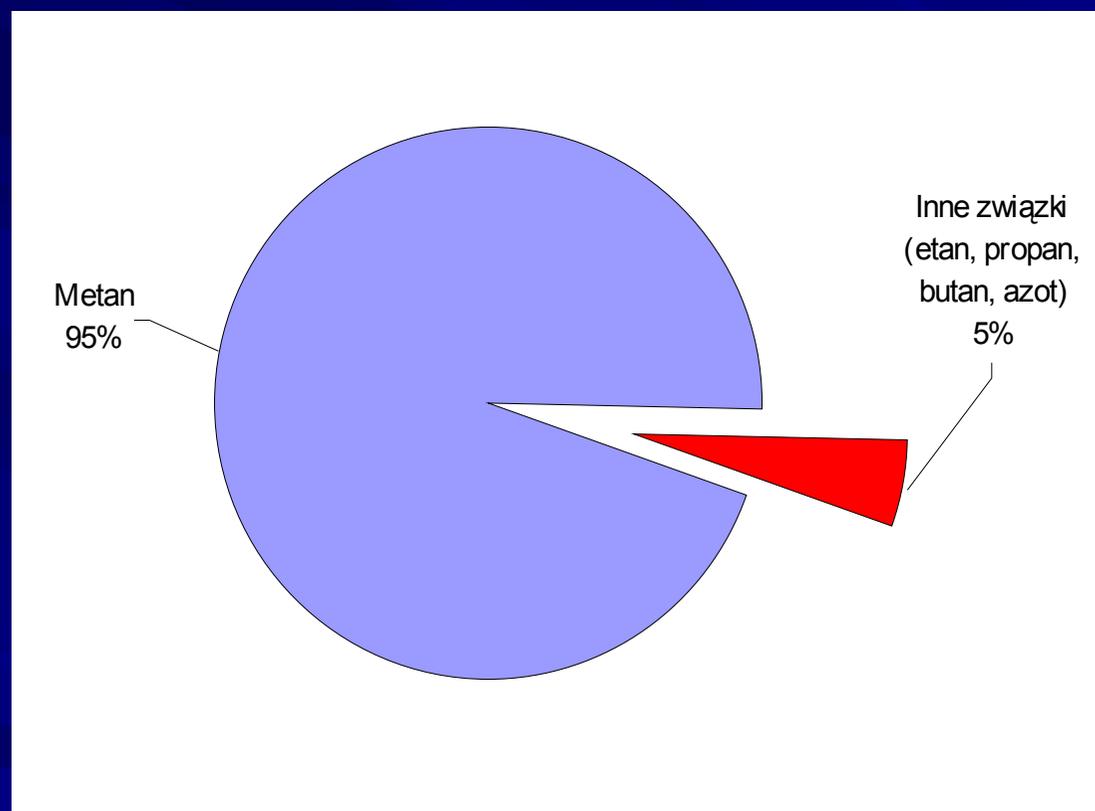
WADY SPREŻONEGO GAZU ZIEMNEGO CNG

➤ Oprócz pozytywnych cech posiada cechy niekorzystne jak:

- niska wartość opałowa mieszanki stechiometrycznej;
- konieczność osuszania gazu;
- negatywny wpływ emisji metanu (jest gazem powodującym efekt cieplarniany);
- wymagane sprężenie gazu (strata energii);
- utrudnione magazynowanie gazu ze względu na gęstość energii;
- ograniczony zasięg poruszania się pojazdu;
- znaczna masa zbiornika;
- wydłużony czas tankowania pojazdu;
- pogorszenie osiągnięć dynamicznych pojazdu;
- możliwość występowania zjawiska cofania się płomienia .

GAZ ZIEMNY LNG JAKO PALIWO DO SILNIKÓW SPALINOWYCH

➤ Przeciętny skład gazu ziemnego:



PRZECHOWYWANIE GAZU ZIEMNEGO SKROPLONEGO LNG W SAMOCHODZIE

- zastosowanie skroplonego gazu ziemnego LNG pozwala na wyeliminowanie wad związanych z gęstością magazynowania energii, masą zbiorników oraz problemami wysokiego ciśnienia
- zabieg skraplania gazu ziemnego wiąże się z bardzo dokładnym jego oczyszczeniem z dwutlenku węgla (CO_2), azotu, propanu-butanu, wilgoci (liczba oktanowa 130)
- do przechowywania gazu ziemnego skroplonego stosuje się zbiorniki kriogeniczne z izolacją próżniową
- przechowywanie gazu LNG przez okres 3-4 dni nie powinno przekroczyć wartości 0,4 MPa

GŁÓWNE ZALETY PALIWA GAZOWEGO W STANIE SKROPLONYM LNG

- duża gęstość zmagazynowanej energii w jednostce objętości - zwiększony zasięg pojazdu;
- możliwość zastosowania LNG do silników przystosowanych do zasilania CNG;
- niska emisja składników toksycznych w spalinach (szczególnie NO_x);
- możliwość uzyskania większej mocy silnika przez chłodzenie powietrza dolotowego;
- możliwość uzyskania paliwa CNG przy niższych kosztach o wyższej jakości z paliwa LNG;
- możliwość wykorzystania niskiej temperatury LNG do klimatyzacji w pojeździe lub chłodzenia przewożonego ładunku (nadwozia chłodnicze);
- czas tankowania porównywalny do ON lub benzyny.

WADY GAZU ZIEMNEGO SKROPLONEGO LNG JAKO PALIWA SILNIKOWEGO

- **utrudnione przechowywanie paliwa (konieczność stosowania specjalnych drogich zbiorników kriogenicznych);**
- **wyższy koszt instalacji zasilającej niż w przypadku zasilania CNG;**
- **zmienny skład gazu i różne wartości metanu (zmiana liczby oktanowej paliwa i jego wartości opałowej);**
- **z uwagi na niską temperaturę przechowywanego gazu LNG - trudności bezpośredniego wykrycia ewentualnych nieszczelności oraz stosowanie dodatków zapachowych;**
- **ograniczony czas przechowywania paliwa gazowego LNG (kilka dni), co wymaga zastosowania zewnętrznego chłodzenia.**

RYNEK GAZU ZIEMNEGO CNG W POLSCE I NA ŚWIECIE

- ✓ **W latach 2002-2007 na świecie nastąpił gwałtowny przyrost pojazdów napędzanych gazem ziemnym CNG z 1,5 mln do ok. 7,0 mln, czego nie stwierdzono w Polsce;**
- ✓ **Taką ilość pojazdów zasila 8 tys. stacji tankowania.**
- ✓ **W Polsce eksploatuje się ok. 1,5 tys. pojazdów napędzanych gazem CNG, przy czym większość stanowią autobusy**

LICZBA POJAZDÓW NAPĘDZANYCH GAZEM CNG W WYBRANYCH KRAJACH ŚWIATA

| Lp. | Kraj | Liczba pojazdów zasilanych CNG [tys.sztuk] | | |
|-----|--------------|--|---------------|---------------|
| | | 2001 | 2004 | VII 2007 |
| 1. | Argentyna | 686,5 | 1288,0 | 1650,0 |
| 2. | Pakistan | 210,0 | 550,0 | 1550,0 |
| 3. | Brazylia | 120,0 | 850,0 | 1425,5 |
| 4. | Włochy | 370,0 | 434,0 | 432,9 |
| 5. | Indie | 25,0 | 204,0 | 334,9 |
| 6. | Iran | 0,8 | 1,0 | 263,7 |
| 7. | USA | 105,0 | 128,0 | 146,9 |
| 8. | Chiny | 36,0 | 69,3 | 127,1 |
| 9. | Ukraina | b.d. | 55,0 | 100,0 |
| 10. | Rosja | 21,0 | 40,5 | 75,0 |
| 11. | Egipt | 24,1 | 54,8 | 69,4 |
| 12. | Niemcy | 10,0 | 19,4 | 55,3 |
| 13. | Francja | 4,5 | 7,1 | 10,2 |
| 14. | Białoruś | b.d. | 5,5 | 5,5 |
| 15. | Polska | 0,1 | 0,3 | 1,4 |
| | Świat | 1792,8 | 3935,2 | 6945,6 |

LICZBA STACJI TANKOWANIA SAMOCHODÓW GAZEM CNG W WYBRANYCH KRAJACH ŚWIATA

| Lp. | Kraj | Stacje tankowania CNG |
|-----|-----------|-----------------------|
| 1. | Argentyna | 1342 |
| 2. | USA | 1300 |
| 3. | Brazylia | 1000 |
| 4. | Niemcy | 757* |
| 5. | Pakistan | 740 |
| 6. | Włochy | 504 |
| 7. | Chiny | 270 |
| 8. | Indie | 198 |
| 9. | Wenezuela | 140 |
| 10. | Ukraina | 130 |
| 11. | Egipt | 79 |
| 12. | Polska | 28** |

* - stan na rok 2007
** - stan na rok 2008

ŚCIEŻKI ROZWOJU CNG W EUROPIE

➤ **Ogólne czynniki rozwoju CNG:**

- **dostępność do gazu ziemnego**
- **ekonomia**
- **ekologia**
- **bezpieczeństwo dostaw**

ŚCIEŻKI ROZWOJU CNG W EUROPIE CD.

✓ Niemcy:

- wspieranie rozwoju zasilania silników gazem CNG przez gazownictwo i firmy paliwowe (ERDGAZ)
- bogata oferta pojazdów napędzanych CNG
- wspomaganie finansowe (zwolnienia podatkowe) dla nabywców pojazdów w ramach programów rządowych lub regionalnych
- korzystna cena paliwa CNG – przejrzysta ścieżka akcyzy na kilka lat
- egzekwowane wymogi ekologiczne

CZYNNIKI OGRANICZAJĄCE WPROWADZENIE GAZU ZIEMNEGO DO MOTORYZACJI W POLSCE

- ✓ **Brak infrastruktury (budowa odpowiedniej ilości stacji tankowania gazu CNG)**

- ✓ **Istotne czynniki to:**
 - **bardzo mała wiedza przeciętnego Polaka o możliwościach stosowania gazu ziemnego jako paliwa silnikowego;**
 - **brak silnego lobbingu promującego to ekologiczne paliwo;**
 - **brak wyraźnego promotora w zakresie wykorzystania gazu ziemnego jako paliwa;**
 - **brak realnej polityki proekologicznej na szczeblu centralnym lub wojewódzkim;**

CZYNNIKI OGRANICZAJĄCE ROZWÓJ GAZU CNG W MOTORYZACJI W POLSCE CD.

- zarządy miast nie są zainteresowane długofalowym programem zastosowaniu gazu ziemnego do napędu pojazdów komunikacji miejskiej;
 - brak sieci tankowania gazem ziemnym;
 - brak łatwo dostępnych środków finansowych niezbędnych do wdrażania nowych rozwiązań;
 - istnieje silne lobby przemysłu rafineryjnego, skutecznie promujące paliwa konwencjonalne i gaz LPG, który jest pochodną przeróbki ropy naftowej;
 - podstawowym warunkiem rozwoju pojazdów gazowych jest budowa odpowiedniej ilości stacji tankowania CNG.
- ✓ Do tej pory aktywną stroną w promowaniu gazu CNG w Polsce był Eko-Fundusz, gdzie w 2007 roku przeznaczył na ten cel ponad 8 mln zł.

EKONOMICZNE ASPEKTY ZWIĄZANE ZE STOSOWANIEM PALIW CNG

- ✓ **Analiza ekonomiczna dotycząca zasilania silników pojazdów samochodowych paliwem gazowym CNG, LNG i LPG powinna uwzględniać takie aspekty jak:**
 - **koszty budowy stacji napełniania gazem;**
 - **koszty adaptacji pojazdów samochodowych (zależne od typu instalacji, rodzaju pojazdu, wielkości stacji dystrybucji – przeciętny koszt adaptacji zasilania LNG waha się od 20 tys. USD do 60 tys. USD);**
 - **koszty eksploatacji samochodów.**

- ✓ **Efekt ekonomiczny zależy bezpośrednio od ceny zakupu poszczególnych nośników energii, a w szczególności wzajemnej relacji pomiędzy paliwem bazowym a zastępczym.**

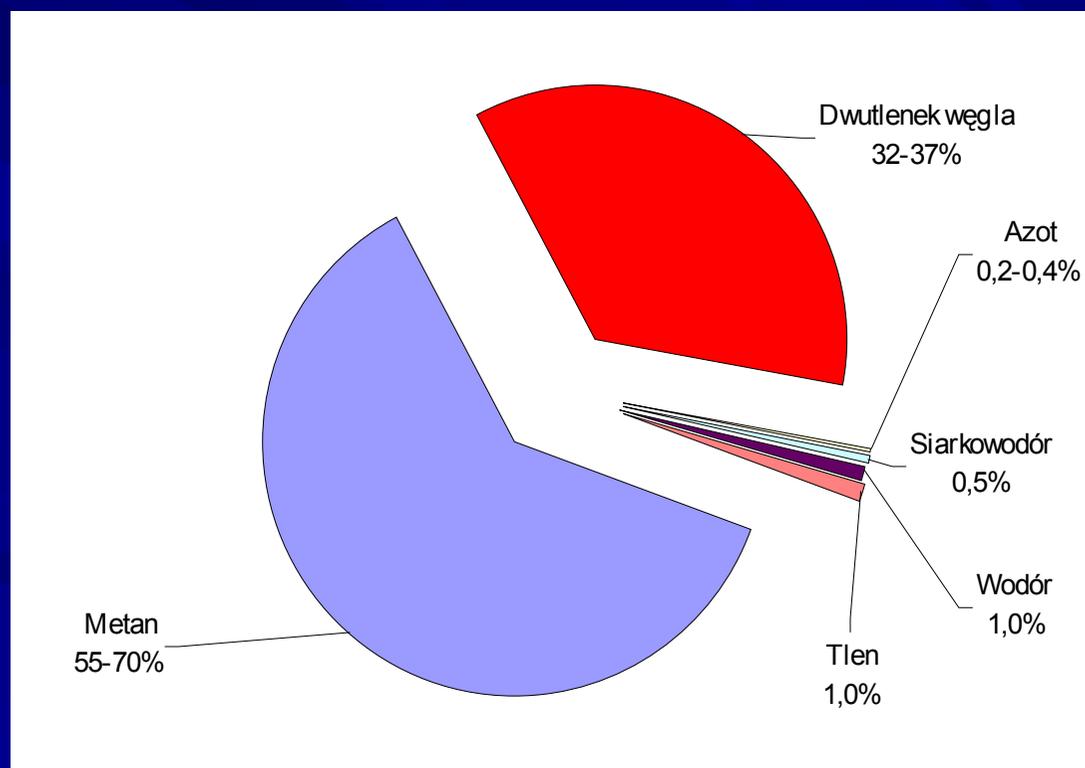
BIOGAZ JAKO PALIWO DO SILNIKÓW SAMOCHODOWYCH

- **Biogazem jako mieszaniną gazów powstających w procesie fermentacji odpadów organicznych:**
 - w oczyszczalniach ścieków;
 - na wysypiskach śmieci (gaz wysypiskowy);
 - w gospodarstwach rolnych (biogazownie rolnicze).

- **W procesie fermentacji beztlenowej do 60% substancji organicznej jest zamieniana na biogaz.**

PRZECIĘTNY SKŁAD BIOGAZU

- metan 55-70%
- dwutlenek węgla 32-37%
- azot 0,2-0,4%
- siarkowodór 0,5%
- wodór 1,0%
- tlen 1,0%



STĘŻENIE METANU W BIOGAZIE W ZALEŻNOŚCI OD MIEJSCA POCHODZENIA

| Składnik gazowy | Stężenie | Wysypiska odpadów | Biogazownie rolnicze | Oczyszczalnia ścieków |
|-----------------|----------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| CH ₄ | [%] | 44-57 | 55-58 | 61-65 |
| CO ₂ | | 37-40 | 30-40 | 35-38 |

WYMAGANIA CO DO CZYSTOŚCI METANU W RÓŻNYCH ZASTOSOWANIACH

- Zanieczyszczony biogaz siarkowodorem poddawany jest oczyszczeniu (nieprzyjemny zapach i jego korozyjne właściwości)

| Zastosowanie | H ₂ S | CO ₂ | H ₂ O |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Spalanie w kotle | < 1000 ppm | Nie | Nie |
| Spalanie w kuchni gazowej | Tak | Nie | Nie |
| Silnik stacjonarny | < 1000 ppm | Nie | Nie |
| Silnik pojazdu mechanicznego | Tak | Zalecane | Tak |
| Sieć gazowa | Tak | Nie | Tak |

BIOGAZOWANIA ROLNICZA OPARTA NA PROCESIE FERMENTACJI METANOLOWEJ

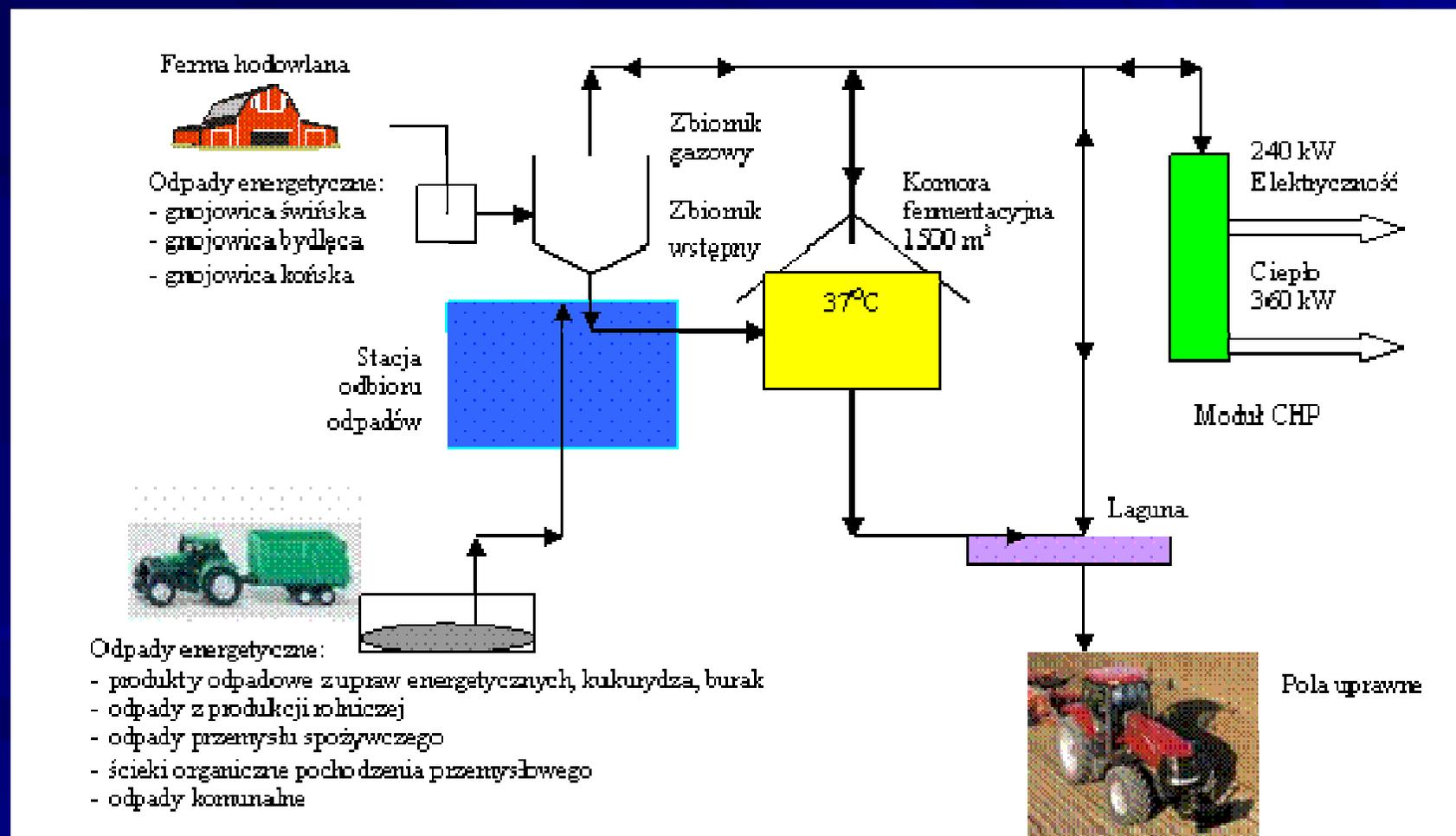


SYSTEM FERMENTACJI BEZTLENOWEJ

- Wykorzystywane w miejscu powstawania odpadów lub w scentralizowanych jednostkach

| Materiał | Wydajność biogazu [m ³ /kg] | Czas fermentacji [dni] |
|-------------------|--|------------------------|
| Słoma | 0,367 | 78 |
| Liście buraków | 0,501 | 14 |
| Łęty ziemniaczane | 0,606 | 53 |
| Łodygi kukurydzy | 0,514 | 52 |
| Koniczyna | 0,445 | 28 |
| Trawa | 0,557 | 25 |

TYPOWA BIOGAZOWNIA ROLNICZA DZIAŁAJĄCA W POLSCE – PAWŁÓWEK woj. Pomorskie (forma Poldanor S.A.)



DANE TECHNICZNE BIOGAZOWNI ROLNICZEJ - POWŁÓWEK

- **technologia duńska;**
- **surowce: 25 000 t gnojowicy świńskiej/rok z fermy w Pawłówku;**
- **3500 t odpadów mięsnych/rok z firmy Prime Food położonej w pobliżu Pawłówka;**
- **produkcja energii: 790 000 m³ biogazu/rok (65% zawartości metanu CH₄);**
- **1,4 GWh energii elektrycznej oraz 2,6 GWh energii cieplnej (agregat kogeneracyjny o mocy 230 kWe);**
- **biogazownia działa od czerwca 2005r.;**
- **koszty inwestycji: 4,3 mln. zł.**

BARIERY UTRUDNIAJĄCE BUDOWĘ BIOGAZOWNI ROLNICZYCH W POLSCE

- **technologia produkcji biogazu rolniczego nie jest wystarczająco poznana;**
- **kosztowny import urządzeń;**
- **złożone i niejasne procedury uzyskania zezwoleń na budowę biogazowni;**
- **niewielka wiedza publiczna o odnawialnych źródłach energii;**
- **wysokie koszty technologii;**
- **tylko jeden zrealizowany projekt- brak wzorców do naśladowania;**
- **sprzedaż ciepła stanowi problem w wielu regionach Polski;**
- **konieczność ścisłego przestrzegania reżimów procesów fermentacji, zachowania właściwej proporcji poszczególnych komponentów wsadu.**

BIOGAZ POZYSKIWANY Z OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

- **Biogaz jako wartościowe paliwo silnikowe (LM ok. 125-130 jednostek)**
- **Wartość opałowa uzależniona od składu i rodzaju przetwarzanej masy (21,7 MJ/m³)**
- **Przeciętny skład gazu fermentacyjnego:**
 - metan 60-65%
 - dwutlenek węgla 30-34%
 - wodór ok. 4%
 - azot ok. 2%
 - siarkowodór średnio ok. 47 mg/m³

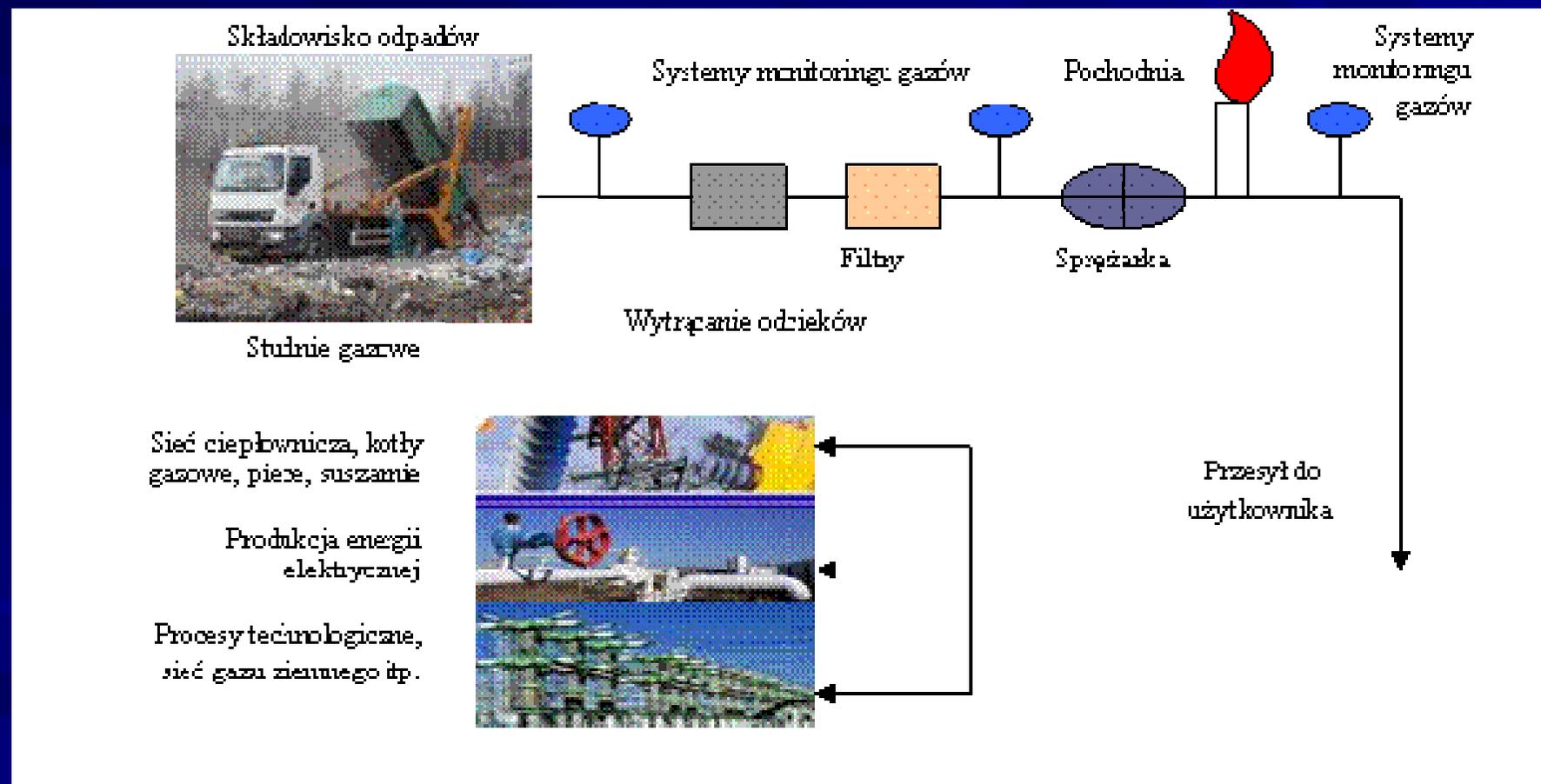
SKŁAD CHEMICZNY BIOGAZU Z WYBRANYCH INSTALACJI W POLSCE

| Główne składniki biogazu [%] | Oczyszczalnia ścieków Częstochowa | Sierakowo - Szczecin | Kłoda - Piła | Luboń - Poznań | Trzesieka – Szczecinek |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| CH ₄ | 65% | 65,8% | 33,8% | 25,2% | 28,1% |
| CO ₂ | 32,2% | 32,2% | 28,2% | 17,8% | 29,7% |
| H ₂ | - | 0,04 g/m ³ | 15,6% | 4,2% | 6,2% |
| N ₂ | 1,8% | 0,03 g/m ³ | 22,2% | 48,7% | 34,3% |
| O ₂ | 1,00% | 0,014 g/m ³ | 28,2% | 4,1% | 1,7% |
| Para wodna | - | 26-45 g/m ³ | - | - | - |
| Wartość opałowa | 23,3 MJ/m ³ | 16 MJ/m ³ | 12 MJ/m ³ | 10,6 MJ/m ³ | 12 MJ/m ³ |

BIOGAZ POZYSKIwany Z ODPADÓW KOMUNALNYCH

- **Podstawowym składnikiem gazu wysypiskowego (odpady komunalne) to:**
 - metan
 - dwutlenek węgla
 - wodór
 - azot
 - siarkowodór
 - tlenek węgla
 - amoniak

SCHEMAT BIOGAZOWNI NA SKŁADOWISKU ODPADÓW KOMUNALNYCH



KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA GAZU WYSYPISKOWEGO

- **wytwarzanie w kotłach gazowych gorącej wody lub pary;**
- **wytwarzanie energii elektrycznej przez spalanie gazu w silnikach lub turbinach;**
- **oddanie gazu do sieci dystrybucji lub przemysłowej po doprowadzeniu gazu do odpowiedniej sieci;**

Dziękuję za uwagę