KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

SEMINARIUM NAUKOWE

„Popularyzacja prac badawczo-rozwojowych z zakresu odnawialnych źródeł energii”

Lublin, 11.05.2011 r.

materiały dla uczestników

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru”
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym ”

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

NOT SITR

SPIS TREŚCI

1. Program seminarium naukowego
2. Prezentacje

2.1. Wprowadzenie
Popularyzacja prac badawczo-rozwojowych z zakresu odnawialnych źródeł energii
mgr inż. Wojciech Krużewski

2.2. Konwersja biomasy do paliw płynnych i gazowych w układach hybrydowych
dr inż. Henryk Karcz
mgr inż. Wojciech Krużewski
inż. Jerzy Kołodziej

2.3. Charakterystyki fizyczne biomasy wykorzystywanej w energetyce
prof. dr hab. Marek Molenda

2.4. Wykorzystanie osadów ściekowych i pofermentacyjnych w rolnictwie
dr hab. Cezary Sławiński prof. nadzw. IA PAN

2.5. Produkcja i wykorzystanie biogazu- przegląd nowoczesnych technologii
dr Dariusz Wiącek

2.6. Algi- biopaliwo trzeciej generacji
mgr Ewa Kwietniewska

3. Informacje dodatkowe

3.1. TERMOCYCLE – zamiana ciepła z gazów i/lub cieczy w zieloną energię
Jaap Brouwer

3.2. Doświadczalne badania przydatności powietrznych kolektorów słonecznych do wspomagania procesów suszenia płodów
dr inż. Jerzy Majewski

3.3. Mała energetyka wiatrowa - innowacyjne konstrukcje
prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer

3.4. Pompy ciepła małe i duże- racjonalizacja użytkowania energii
dr hab. inż. Brunon J. Grochal

PROGRAM SEMINARIUM NAUKOWEGO

„POPULARYZACJA PRAC BADAWCZO – ROZWOJOWYCH
Z ZAKRESU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII”

Termin: **11 maja 2011 r.**
Miejsce: **Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27**

8.45 – 9.00	**Rejestracja uczestników. Kawa i poczęstunek powitalny.**
9.00 – 9.15	**Wprowadzenie** mgr inż. Wojciech Krużewski *(EKSPERT-SITR Sp. z o.o. w Koszalinie)*
9.15 – 10.30	**Konwersja biomasy do paliw płynnych i gazowych w układach hybrydowych** dr inż. Henryk Karcz mgr inż. Wojciech Krużewski inż. Jerzy Kołodziej *(EKSPERT-SITR Sp. z o.o. w Koszalinie)*
10.30 – 10.45	**Przerwa kawowa**
10.45 – 12.15	**Charakterystyki fizyczne biomasy wykorzystywanej w energetyce** prof. dr hab. Marek Molenda *(Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie)*
12.15 – 13.45	**Wykorzystanie osadów ściekowych i pofermentacyjnych w rolnictwie** dr hab. Cezary Sławiński prof. nadzw. IA PAN *(Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie)*
13.45 – 14.15	**Lunch**
14.15 – 15.00	**Produkcja i wykorzystanie biogazu – przegląd nowoczesnych technologii** dr Dariusz Wiącek *(Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie)*
15.00 – 15.45	**Algi – biopaliwo trzeciej generacji** mgr Ewa Kwietniewska *(Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie)*
15.45 – 16.00	**Dyskusja**

UDZIAŁ W SEMINARIUM JEST BEZPŁATNY

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Witamy na

seminarium naukowym

„POPULARYZACJA PRAC BADAWCZO - ROZWOJOWYCH Z ZAKRESU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII"

w ramach projektu

„Upowszechnianie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrony własności intelektualnej z tego obszaru."

mgr inż. Wojciech Krużewski

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Cele główne projektu

- **podniesienie wiedzy**
  w zakresie prac badawczo-rozwojowych i badań naukowych z zakresu **Odnawialnych Źródeł Energii,**

- **wsparcie ochrony własności intelektualnej**
  z zakresu **OZE** na terenie Polski.

Cele szczegółowe projektu

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Finansowanie projektu

- współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach **Europejskiego Funduszu Społecznego**
- Działanie 4.2 **Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki** „Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym"

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Projekt realizuje

EKSPERT-SITR Spółka z o.o.

Okręgowy Ośrodek Rzeczoznawstwa i Doradztwa Technicznego

The Regional Centre of Expertise and Technical Consult

75-204 Koszalin, ul. Jana z Kolna 38

sekretariat@ekspert-sitr.pl

www.ekspert-sitr.pl

5

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Partner Projektu

Stowarzyszenie Naukowo - Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa

Zarząd Główny w Warszawie

www.sitr.pl

6

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Działania w projekcie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wortal naukowo-informacyjny

- informacje o projekcie,
- transmisja na żywo,
- materiały naukowe dotyczące OZE,
- materiały seminaryjne,
- materiały wideo,
- szkolenia,
- biblioteka ON-LINE,
- zbieranie informacji w formie rekomendacji nt. barier i sugestii rozwiązań we wdrażaniu wyników badań do praktyki w sektorach mogących wykorzystywać OZE.

www.ozewortal.pl

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Seminaria naukowe

19 jednodniowych otwartych seminariów naukowych na temat OZE mających na celu uświadomienie i popularyzację prac badawczo-rozwojowych z tego zakresu.

Są skierowane do pracowników jednostek naukowych.

Organizowane w całej Polsce.
Szczegółowe informacje na wortalu.

Transmitowane na żywo w Internecie
na wortalu www.ozewortal.pl

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

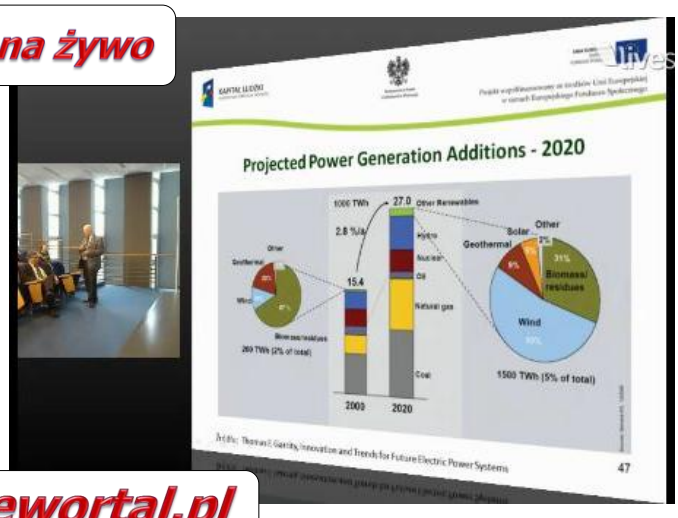
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Gdańsk, 11.04.2011 r.

Transmisja na żywo



www.ozewortal.pl

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Targi promocyjne

Braliśmy udział w ogólnopolskich targach związanych z tematyką odnawialnych źródeł energii. Zaprezentowaliśmy tam najnowsze osiągnięcia naukowe w tym obszarze, broszury naukowe i inne materiały informacyjne. Była również możliwość spotkania i bezpośrednich konsultacji z naszymi ekspertami.

poleko
Międzynarodowe Targi Ochrony Środowiska

23-26.11.2010 r.
POZNAŃ

AGROTECH
XVIII Międzynarodowe Targi Techniki Rolniczej

16-18.03.2011 r.
KIELCE

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Szkolenia nt. ochrony własności intelektualnej

- trwające **4 dni** szkolenia nt. ochrony własności intelektualnej z zakresu OZE,
- skierowane do **60 pracowników jednostek naukowych,**
- **tematyka:** zakres ustawy Prawo własności intelektualnej, prawidłowość zgłoszeń do Urzędu Patentowego (w tym omówienie procedury międzynarodowej), zagadnienia ustawy o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji, marketing technologii, zarządzanie projektami innowacyjnymi, zasady finansowania innowacyjnych rozwiązań z zakresu odnawialnych źródeł energii,
- forma zajęć: **warsztatowa,**
- forma zaliczenia: **egzamin i certyfikat**,
- wydana zostanie także **publikacja** zawierająca powyższą tematykę.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kazimierz Dolny, 11-14.10.2010 r.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zapraszamy do Szklarskiej Poręby

bezpłatne szkolenie

na temat OCHRONY WŁASNOŚCI INTELEKTUALNEJ

z zakresu

ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

- **Zapraszamy** do udziału pracowników naukowych z całej Polski.
- **Zapewniamy**: noclegi, wyżywienie oraz zwrot kosztów przejazdów (ryczałt wg PKP 2 klasa). Istnieje możliwość skorzystania z noclegu w przeddzień szkolenia.
- Zgłoszenia do **30 czerwca 2011** r. na karcie zgłoszenia do Biura Projektu.

26 -29 września 2011 r.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

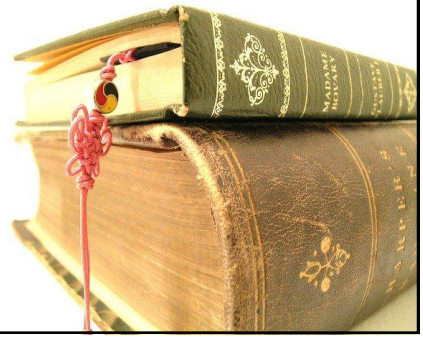
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Publikacja nt. osiągnieć z zakresu OZE

- **Na zakończenie projektu zostanie wydana publikacja związana z osiągnięciami na temat OZE.**
- Posłuży ona do przedstawiania barier i sugestii rozwiązań we wdrażaniu wyników badań do praktyki w sektorach mogących wykorzystywać OZE.
- Rozwiązania zostaną wypracowane podczas seminariów oraz na podstawie rekomendacji zebranych na wortalu **www.ozewortal.pl**
- Materiał zostanie opublikowany również w formie elektronicznej oraz rozdystrybuowany do podmiotów działających na rzecz nauki w obszarze OZE.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rezultaty projektu

- **19** seminariów,
- **570** materiałów seminaryjnych,
- **2** stanowiska targowe z pakietami informacyjnym,
- **2** edycje szkoleń nt. ochrony własności intelektualnej,
- **60** kompletów materiałów szkoleniowych,
- **1500** sztuk publikacji wydanej na zakończenie projektu.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Czas realizacji projektu

od września 2010 r. do grudnia 2011 r.

Zapraszamy do udziału w seminariach i szkoleniach w ramach projektu oraz współpracy przy redagowaniu publikacji na temat osiągnięć naukowych związanych z

ODNAWIALNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dziękuję za uwagę

mgr inż. Wojciech Krużewski

wraz z zespołem

EKSPERT-SITR Spółka z o.o.
Okręgowy Ośrodek Rzeczoznawstwa i Doradztwa Technicznego
The Regional Centre of Expertise and Technical Consult

KONWERSJA BIOMASY
do paliw płynnych i gazowych w układach hybrydowych

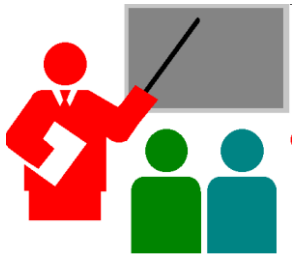
dr inż. Henryk Karcz
mgr inż. Wojciech Krużewski
inż. Jerzy Kołodziej

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Konwersja biomasy do paliw płynnych i gazowych w układach hybrydowych

dr inż. Henryk Karcz
mgr inż. Wojciech Krużewski
inż. Jerzy Kołodziej

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

BIOPALIWA

Biopaliwo - paliwo powstałe z przetwórstwa produktów organizmów żywych np. roślinnych, zwierzęcych czy mikroorganizmów.

Wyróżnia się biopaliwa:

stałe - słoma w postaci bel lub kostek albo brykietów, granulat trocinowy lub słomiany - tzw. pellet, drewno, siano i inne przetworzone odpady roślinne;

ciekłe - otrzymywane w drodze fermentacji alkoholowej węglowodanów do etanolu, fermentacji butylowej biomasy do butanolu lub z estryfikowanych w biodiesel olejów roślinnych (np. olej rzepakowy);

gazowe

- powstałe w wyniku fermentacji beztlenowej ciekłych i stałych odpadów rolniczej produkcji zwierzęcej (gnojowica, obornik, słoma etc.) - biogaz;
- powstałe w procesie zgazowania biomasy - gaz generatorowy (gaz drzewny).

KATEGORIE (GENERACJE) I RODZAJE WYBRANYCH PALIW

Do pierwszej generacji biopaliw zalicza się:

Bioetanol (BioEtom) - jest to etanol (C_2H_5OH) otrzymywany z procesów hydrolizy i fermentacji surowców skrobiowych takich jak: ziarna zbóż, ziemniaki, buraki cukrowe itp.

Biogaz - wytworzony poprzez oczyszczenie biogazu powstającego w procesach fermentacji

Do paliw drugiej generacji zalicza się:

Bioetanol - otrzymywany w procesach hydrolizy i fermentacji surowców lignocelulozowych, takich jak: słoma, drewno, całe rośliny- kukurydza, sorgo, topinambur, itp.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

RODZAJE BIOPALIW WG KLASYFIKACJI EUROPEJSKIEJ

W klasyfikacji europejskiej ze względu na stan skupienia wydzielono biopaliwa: biopaliwa ciekłe, gazowe oraz inne z OZE.

Do ciekłych paliw II generacji uzyskiwanych z bioetanolu zalicza się:

- Bioetanol otrzymywany z biomasy i/lub z biodegradowalnych frakcji odpadowych, możliwy do zastosowania jako biopaliwo E%, zawierające **5%** etanolu i **95%** benzyny silnikowej oraz jako E85, zwierające **85%** etanolu i **15%** benzyny,
- Bio-ETBE- eter etylo tert-butylowy otrzymywany z bioetanolu jako dodatek przeciestukowy do benzyn, podwyższający ich liczbę oktanową, stosowany w ilości **47%,**
- Bio- MTBE- eter etylo tert- butylowy otrzymywany z biometanolu o tym samym przeznaczeniu jako Bio-ETBE, stosowany w ilości **36%.**

Porównanie właściwości wybranych paliw:

Paliwo	Wartość energetyczna	Ciepło parowania	RON	MON
Benzyna	32 MJ/l	0,36 MJ/kg	91-99	81-89
Butanol	29,2 MJ/l	0,43 MJ/kg	96	78
Etanol	19,6 MJ/l	0,92 MJ/kg	130	969
Metanol	16 MJ/l	1,2 MJ/kg	136	104

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

c. d.

RON (Research Octane Number)

MON (Motor Octane Number)

Dwie podstawowe normy na oznaczanie liczby oktanowej, obie opierają się na tej samej zasadzie pomiaru, ale różnią się warunkami przeprowadzania testu. W obu przypadkach test przeprowadza się na jednocylindrowych silnikach o regulowanym stopniu sprężania. W czasie testu utrzymuje się stałe obroty silnika stopniowo zwiększając stopień sprężania. W teście RON stosuje się 600 obrotów na minutę, a w MON 900. W związku z tym MON lepiej oddaje to co się dzieje w silniku pracującym pod dużym obciążeniem, a RON lepiej dla silnika pracującego pod średnim i małym obciążeniem. Dla typowego paliwa pochodzącego z rafinacji ropy naftowej MON i RON różnią się nieznacznie (o ok. 1-2 oktany), jednak dla poszczególnych węglowodorów obecnych w mieszance różnice dochodzą do kilkunastu oktanów, co powoduje, że możliwa jest produkcja paliw, które mają duże różnice między obydwoma metodami pomiaru liczby oktanowej.

PROGNOZA ROZWOJU BIOPALIW II GENERACJI

Źródło: Czysta Energia 12/2009

Prawdopodobnie biopaliwa transportowe II generacji w handlowych ilościach pojawią się na rynku europejskim ok. **2015-2020 r**., natomiast w naszym kraju ok. 2017 r.

Po 2017 r. w UE (i w Polsce) biopaliwa pierwszej generacji najpewniej stracą wsparcie legislacyjne i finansowe.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

ZASTOSOWANIE BIOETANOLU II GENERACJI, OGRANICZY W KRAJU ZNACZNIE EMISJĘ CO_2 DO ATMOSFERY:

- o ok. 71 tys. t rocznie- w 2018 r., przy założonych 10%
- 148 tys. t rocznie- w 2019r. – przy 20%;
- 233 tys. t rocznie- w 2020r. – przy 30%

produkcji bioetanolu ze słomy jako surowca do wytwarzania biopaliw II generacji.

CO_2

OGRANICZENIE POWIERZCHNI UPRAW

Zastąpienie bioetanolu produkowanego z ziarna zbóż bioetanolem II gen. w minimalnej ilości 10% w 2018r. **może przyczynić się do ograniczenia powierzchni upraw o** ok. 40-50 tys. ha w początkowej fazie wdrażania technologii, a w przypadku zastąpienia w 20% i 30% bioetanolu I gen. II generacją – odpowiednio o 96 i 150 tys. ha pól.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

BADANIA NAD WYKORZYSTANIEM SUROWCÓW LIGNOCELULOZOWYCH DO PRODUKCJI SPIRYTUSU

W Samodzielnej Pracowni Gorzelniczej Instytutu Biotechnologii przemysłu Rolno-Spożywczego w Bydgoszczy w 2010 r. przeprowadzono badania dotyczące rozkładu kukurydzy (całe rośliny) oraz słomy zbóż w celu udostępniania cukrów prostych, zagospodarowanych w technologii produkcji spirytusu surowego.

Badania były zlecone przez firmę ***EKSPERT-SITR Sp. z o.o. z Koszalina***. Celem pracy był dobór optymalnych warunków przygotowania surowca i prowadzenia fermentacji alkoholowej, mający na względzie uzyskanie jak najwyższej wydajności alkoholu.

MATERIAŁY WYKORZYSTANE DO BADAŃ

Surowiec do fermentacji stanowiła:

- Słoma pszenno- żytnia,
- Kukurydza łącznie z łodygą, liśćmi i kolbami.

Preparaty enzymatyczne:

- Celluclast 1,5 l firmy Novozymes- preparat otrzymany z hodowli pleśni *Trichoderma reesei*. Zawiera głównie celulozę, która katalizuje rozkład celulozy do glukozy, celobiozy i wyższych polimerów glukozy.

Drożdże gorzelnicze:

Do badań użyto dwóch ras drożdży gorzelniczych:

- ✓ Szczep D-2- pochodzący z czystych kultur IBPRS, powszechnie używany w polskim gorzelnictwie rolniczym, w formie preaparatu suszonego,
- ✓ Szczep o nazwie handlowej Black Label Turbo- drożdże termofilne (do 30°C) i alkoholoodporne

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

WYNIKI BADAŃ FERMENTACJI ALKOHOLOWEJ ZACIERÓW SPORZĄDZONYCH ZE SŁOMY PSZENNO- ŻYTNIEJ

Etap badań	Surowiec	Moczenie w HNO_3	Ciśnienie (1,5 atm.)	Enzym Cellucla st	pH	Drożdże		Wydajność alkoholu [dm^3/100 kg surowca]
I	słoma	tak	30 min	2 ml	5,0	BL	-	8,0
	słoma	tak	30 min	2 ml	5,0	-	D-2	9,6
II	słoma	nie	30 min	2 ml	5,0	-	D-2	10,0
III	słoma	tak	60 min	2 ml	5,1	-	D-2	10,2
IV	słoma	nie	30 min	2 ml	5,0	-	D-2	9,2
	słoma	nie	30 min	1 ml	5,1	-	D-2	5,8

WYNIKI BADAŃ FERMENTACJI ALKOHOLOWEJ ZACIERÓW SPORZĄDZONYCH Z KUKURYDZY

Surowiec	Moczenie w HNO_3	Ciśnienie (1,5 atm.)	Enzym Celluclast	pH	Drożdże		Wydajność alkoholu [dm^3/100 kg surowca]
kukurydza z kolbą	tak	30 min	2 ml	5,0	BL	-	20,0
kukurydza z kolbą	tak	30 min	2 ml	5,0	-	D-2	21,9
kukurydza bez kolby	tak	30 min	2 ml	5,0	BL	-	10,1
kukurydza bez kolby	tak	30 min	2 ml	5,1	-	D-2	12,4

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

WNIOSKI

Najwyższą wydajnością alkoholu charakteryzował się wariant, w którym jako surowca użyto zmielonej kukurydzy (z liśćmi, łodygami, kolbami). Wynik jaki uzyskano kształtował się na poziomie 20,0-21,9 dm^3 ze 100 kg surowca. Przy czym najwyższą wartość odnotowano w przypadku zastosowania do fermentacji drożdży gorzelniczych

rasy D-2.

W przypadku fermentacji zacieru sporządzonego tylko z łodyg i liści kukurydzy (bez kolb) wydajność etanolu wynosiła w zależności od zastosowanych raz drożdży: 12,4 dm^3/100 kg surowca (D-2) oraz 10,1 dm^3/100 kg surowca (BL).

Podczas fermentacji alkoholowej zacierów sporządzonych ze słomy pszenno-żytniej, najlepsze wyniki otrzymano w próbach doświadczalnych, w których wydłużono czas obróbki ciśnieniowej (1,5 atm.) z 30 min. Do 60 mon. Wydajność alkoholu w tym przypadku kształtował się na poziomie 10,2 dm^3/100 kg surowca.

Najlepsze wyniki otrzymano stosując hydrolizę enzymatyczną z zastosowaniem enzymu celulolitycznego Celluclast. Zmniejszenie dawki preparatu o połowę (poniżej 0,1 cm^3/1 g surowca) było powodem zmniejszenia wydajności o około 37%.

WNIOSKI

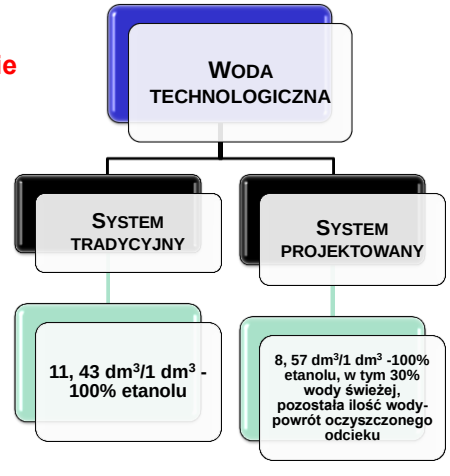
Stosowanie hydrolizy kwaśnej i zasadowej bez obróbki ciśnieniowej nie przyniosły spodziewanych efektów rozłożenia celulozy do cukrów prostych. Wyniki wydajności alkoholu uzyskane z prób doświadczalnych to zaledwie ok. 0,4 dm^3/100 kg surowca.

Moczenie surowca w kwaśnym roztworze HNO3 nie powoduje zwiększenia dostępności i podatności na rozkład celulozy, a co za tym idzie zwiększenia wydajności alkoholu. Różnica miedzy wariantami z kwasem (9,6 dm^3/100 kg surowca) i bez jego użycia (10,0 dm^3/100 kg surowca) nie jest duża, co wskazuje na niewielki jego wpływ.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

PORÓWNANIE ZUŻYCIA PODSTAWOWYCH MEDIÓW TRADYCYJNEJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA ETANOLU DO NOWO PROJEKTOWANEJ

Woda- zużycie



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

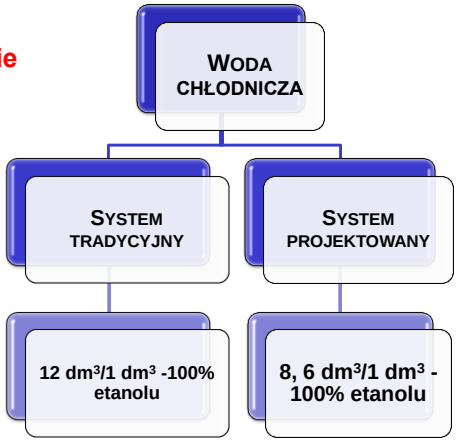
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

PORÓWNANIE ZUŻYCIA PODSTAWOWYCH MEDIÓW TRADYCYJNEJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA ETANOLU DO NOWO PROJEKTOWANEJ

Woda - zużycie



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

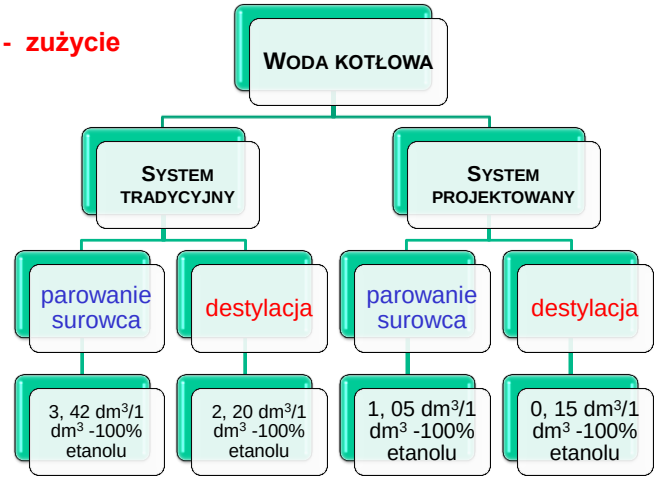
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

PORÓWNANIE ZUŻYCIA PODSTAWOWYCH MEDIÓW TRADYCYJNEJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA ETANOLU DO NOWO PROJEKTOWANEJ

Woda - zużycie

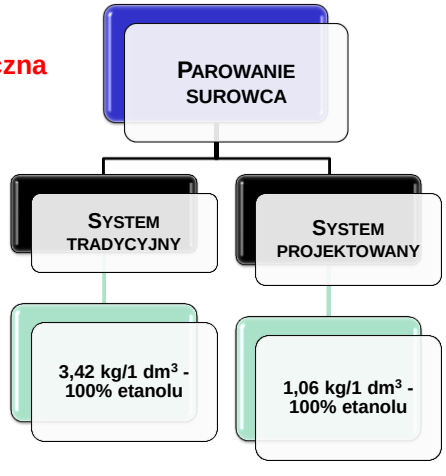


Razem zużycie wody	• System tradycyjny • 29, 04 dm^3/1 dm^3 -100% etanolu
Razem zużycie wody	• System projektowany • 18, 37 dm^3/1 dm^3 -100% etanolu
Różnica (oszczędność)	• 10, 67 dm^3/1 dm^3 -100% etanolu

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

ENERGIA CIEPLNA WYRAŻONA W KG PRZY CIŚNIENIU 6 BAR/1 DM^3 100% ETANOLU

Para technologiczna



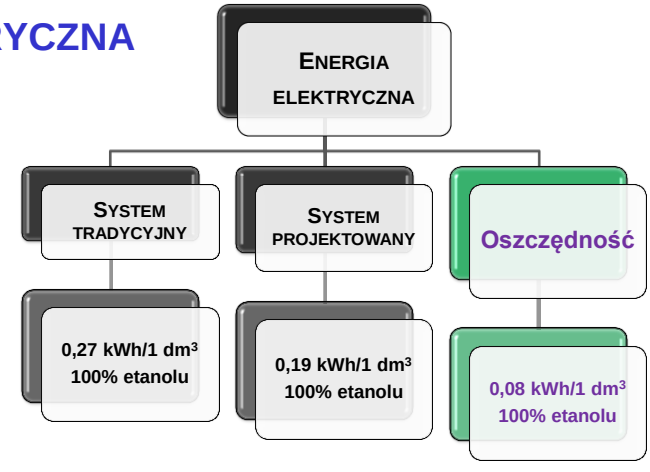
ENERGIA CIEPLNA WYRAŻONA W KG PRZY CIŚNIENIU 6 BAR/1 DM^3 100% ETANOLU

Para technologiczna

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Razem zużycie	• System tradycyjny • 5,62 kg/1dm^3 -100% etanolu
Razem zużycie	• System projektowany • 2,66 kg/1dm^3 -100% etanolu
Oszczędność	• 2,96 kg/1dm^3 -100% etanolu

ENERGIA ELEKTRYCZNA



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ciekawostka !!!

OGNIWO PALIWOWE ZASILANE ETANOLEM

Uniwersytet New Mexico wspólnie z Los Alamos National Laboeatory i Sandia National Laboratory prowadzą badania nad ogniwami paliwowymi zasilanymi etanolem wytwarzającymi elektryczność. Naukowcy z Uniwersytetu New Mexico badają również możliwość reformowania metanolu dla wodoru w średniej temperaturze poniżej 800°C.

OGNIWO PALIWOWE ZASILANE ETANOLEM

Brookhaven National Laboratory wspólnie z Delaware i Yeshiwa Uniwersytetami, USA, prowadzą prace nad pozyskaniem nowego katalizatora czyniącego wykonalnym ogniwo paliwowe zasilane bezpośrednio etanolem. Według ***Radosława Adzica***, pracownika naukowego BNL, etanol, produkowany z biomasy, tworzonej głównie przez cukry i skrobię, może być nośnikiem wodoru łatwym do transportu, nietoksycznym, charakteryzującym się dużą gęstością energii, dla którego użytkowania można by wykorzystać istniejącą infrastrukturę dystrybucji benzyny.

Źródło: W. Ciechanowicz, S. Szankowski „Transformacja Cywilizacji z Ery Ogniwa do Ekonomii Wodoru i Metanolu", W-wa 2010 r.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ciekawostka!!! Król Szwecji w Polsce…

Czy to prawda, ze król Szwecji codziennie prowadzi samochód i jeździ nim do pracy?

KRÓL: Tak

KRÓLOWA SYLWIA: Nie sam, ze mną. Ale prowadzi sam.

To auto ekologiczne?

Nie etanol. Mógłbym długo o nim mówić. Wierzę, że w przyszłości etanol odegra ogromną rolę, choć nie rozwiąże wszystkich problemów z energią. W Szwecji trwaja badania nad produkcja etanolu z celulozy. Następny krok to być może etanol z odpadów z trzciny cukrowej.

Źródło: Gazeta Wyborcza- maj 2011 r.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

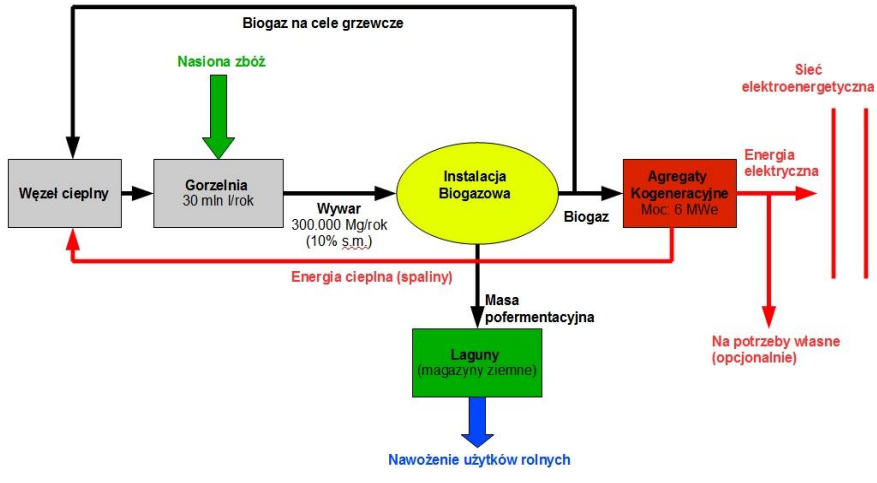
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

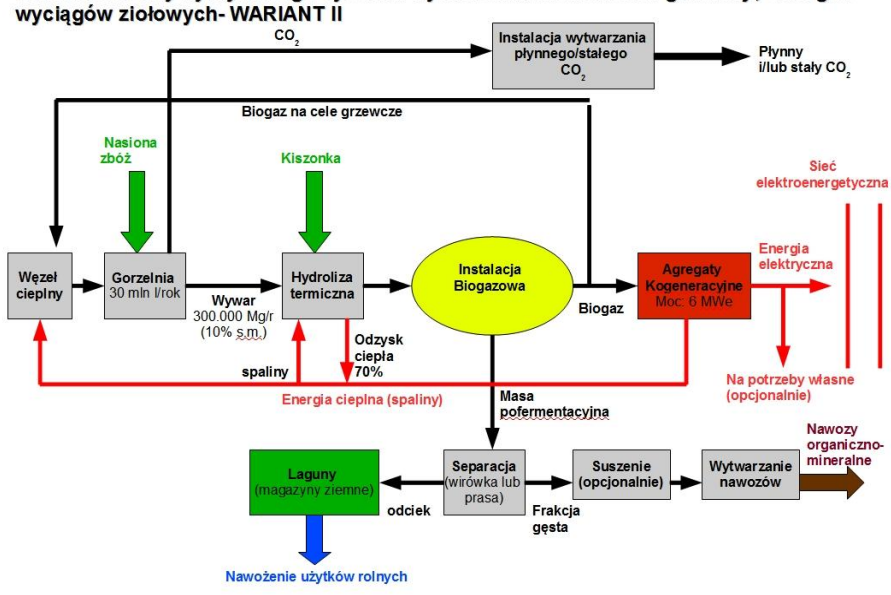
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

SCHEMATY IDEOWE

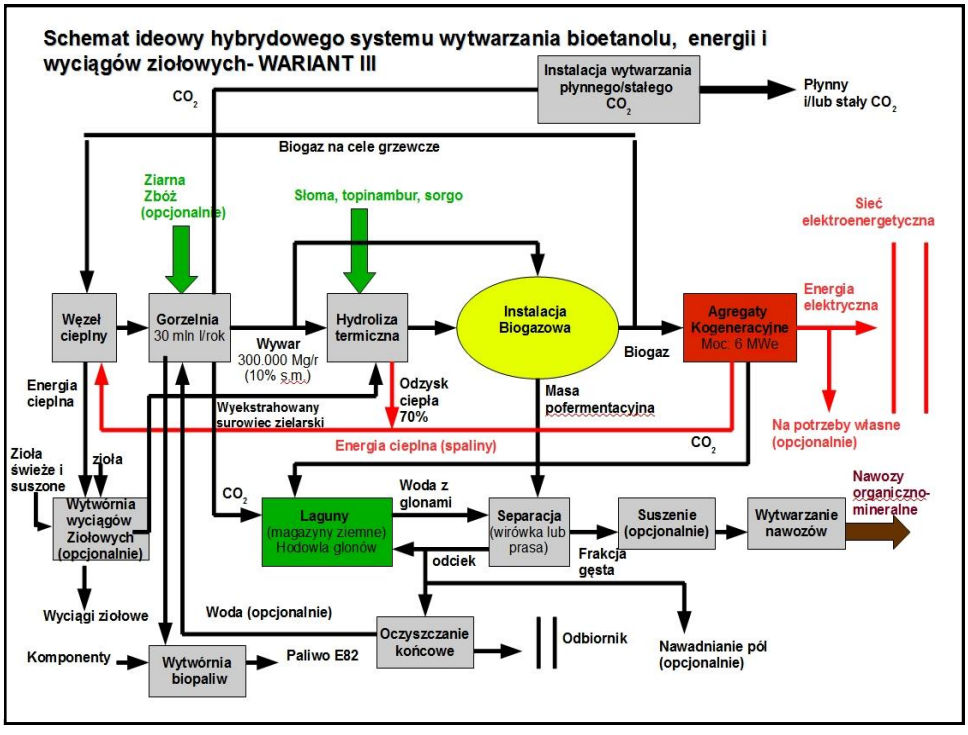
Schemat ideowy hybrydowego systemu wytwarzania bioetanolu II generacji i energii - WARIANT I



Schemat ideowy hybrydowego systemu wytwarzania bioetanolu II generacji, energii i wyciągów ziołowych- WARIANT II



Schemat ideowy hybrydowego systemu wytwarzania bioetanolu, energii i wyciągów ziołowych- WARIANT III



Biomasa stała, w tym odpadowa źródłem paliwa gazowego

Zgazowanie biomasy -zespół wielokierunkowych **przemian termicznych i chemicznych**, jakie zachodzą w **podwyższonej temperaturze głównie między częścią organiczną substancji biomasy, a takimi czynnikami chemicznymi jak tlen, para wodna i dwutlenek węgla.** Przemiany te prowadza do wytworzenia gazu stanowiącego paliwo bądź surowiec chemiczny.

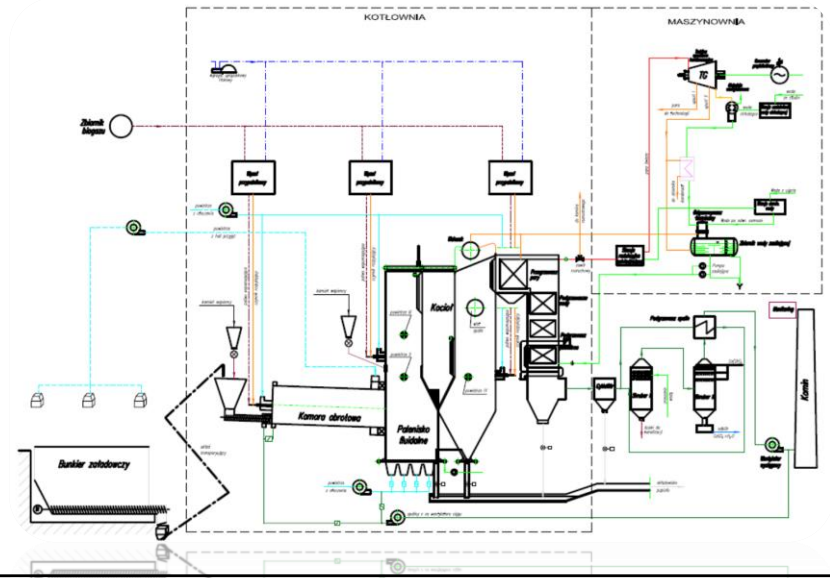
Możliwe jest też odgazowanie biomasy w obecności wodoru, prowadzące głównie do wytworzenia metanu. Teoretycznie podstawowym produktem zgazowania biomasy jest **PALIWO GAZOWE** i pozostałość mineralna w postaci **POPIOŁU** nieulegająca przekształceniu w produkty gazowe. **Z tego względu jako surowca stosowanego w technologiach termicznego przekształcenia odpadów na drodze zgazowania należy używać takich rodzajów biomasy, które są energetycznie małowartościowe, o wysokim zapopieleniu i zawilgoceniu.**

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Jest przy tym rzeczą niezmiernie ważną, że w tym procesie możemy wykorzystywać **KAŻDĄ POSTAĆ BIOMASY** - zarówno zapopielonej jak i zawilgoconej, zawierającej zarówno metale ciężkie, jak i siarkę czy chlor.

OTRZYMANY Z TAKIEGO SUROWCA GAZ MUSI BYĆ JEDNAK OCZYSZCZONY I USZLACHETNIONY

Oczyszczanie gazu przy posługiwaniu się współczesnymi znanymi technologiami daje się łatwo zrealizować, uwalniając gaz od wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń **(S, Hg, Zn, Cu, Cl, CO_2, NO_x itd.).**



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

W wyniku przeprowadzonej wielostopniowej konwersji i reformingu węglowodorów uzyskuje się z gazu pirolitycznego pochodzącego z odgazowania biomasy gaz wodorowy składający się z:

wodoru H_2 = 65÷75% obj.

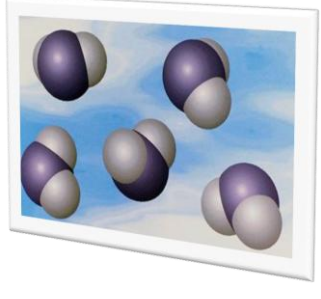
dwutlenku węgla CO_2= 15÷30% obj.

tlenku węgla CO=0,2÷0,5% obj.

azotu N_2= 1,0-2,5% obj.

siarkowodoru H_2S= 0,5÷1,5% obj.

chlorowodoru HCl= 0,2÷0,8% obj.



Celem poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych w zakresie odgazowania i zgazowania biomasy pochodzącej z odpadów jest stworzenie rozwiązania technologicznego i technicznego, które umożliwi odgazowanie i zgazowanie będących w dowolnej postaci fazowej i dowolnym składzie chemicznym odpadów pochodzenia organicznego i nieorganicznego.

W celu osiągnięcia optymalnego efektu termicznego utylizacji przebiegającej z optymalna sprawnością termodynamiczną przy minimalnej emisji substancji szkodliwych dla otoczenia i uzyskania produktów termicznej przeróbki o pożądanych cechach fizykochemicznych.

Zaproponowano nową technologię odgazowania opartą na szybkiej pirolizie.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Po przejściu przez proces konwersji i reformingu gaz pirolityczny może składać się w 75% obj. z wodoru i śladowych ilości tlenku węgla (CO≈0,2% obj.).

Uzyskany wodór może stanowić bardzo ważny surowiec do uwodornienia różnego rodzaju *olei roślinnych i tłuszczy zwierzęcych*, dając wysokojakościowe HYDROGENIZATYWĘGLOPOCHODNE STANOWIĄCE ŹRÓDŁO PALIW CIEKŁYCH I SUROWCÓW CHEMICZNYCH.

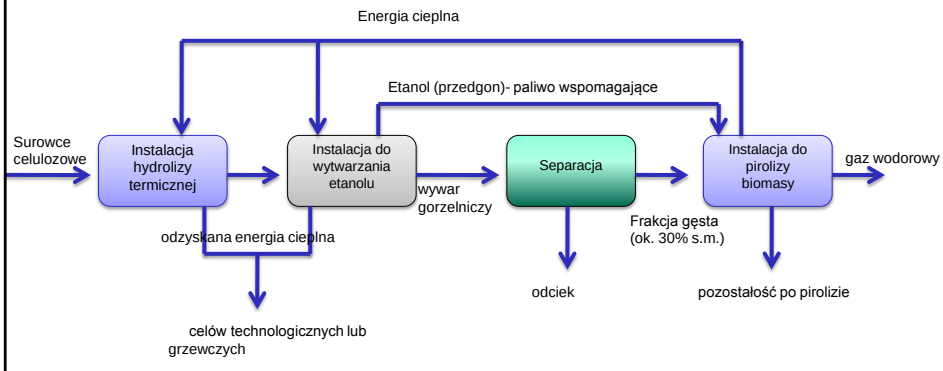
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Schemat ideowy hybrydowego systemu pozyskiwania wodoru z wywaru gorzelniczego



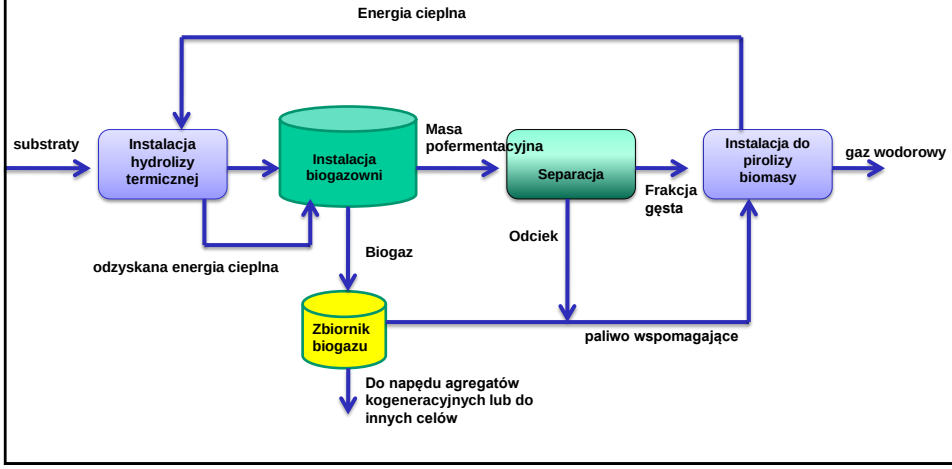
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Schemat ideowy hybrydowego systemu pozyskiwania wodoru z masy pofermentacyjnej



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dziękujemy za uwagę

dr inż. Henryk Karcz
mgr inż. Wojciech Krużewski
mgr inż. Jerzy Kołodziej

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

CHARAKTERYSTYKI FIZYCZNE biomasy wykorzystywanej w energetyce

prof. dr hab. Marek Molenda

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Charakterystyki fizyczne biomasy wykorzystywanej w energetyce

M. Molenda, IA PAN

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

1230

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Najważniejsze cechy paliwa stałego

Ciepło spalania
Wartość opałowa
Zawartość wilgoci
Zawartość popiołu
Zawartość substancji lotnych
Zawartość siarki

Wartość energetyczna (opałowa)

Paliwo stałe = palna substancja org. + balast
Balast = wilgoć + substancje mineralne

Wartość opałowa paliwa stałego = ciepło spalania paliwa – ciepło parowania wody uwolnionej w czasie spalania (z wilgoci).

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wartość energetyczna (opałowa)

Ciepło spalania to ilość ciepła, powstająca w wyniku całkowitego spalenia jednostki masy paliwa stałego w bombie kalorymetrycznej w atmosferze tlenu w temperaturze 250 st. C.

Wartość energetyczna (opałowa)

Pomiar polega na całkowitym spaleniu próbki paliwa w atmosferze tlenu pod ciśnieniem w bombie kalorymetrycznej zanurzonej w wodzie i na pomiarze przyrostu temperatury tej wody.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wartość energetyczna (opałowa)

Ciepło spalania paliwa wyliczane jest w sposób automatyczny i przedstawione na ekranie komputera
(Wydział Chemii, ZTCh)

Wartość energetyczna różnych paliw

Paliwo	Wartość opałowa w GJ/t
Gaz propan-butan	45
Lekki olej opałowy	42
Ciężki olej opałowy	40
Węgiel	27
Koks	25
Drewno opałowe suche	19

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Przedstawię przegląd metod charakteryzowania biomasy i aktualne tendencje rozwoju technik pomiarowych

Większość produktów rolnictwa można określić terminem „biomasa", a produkty te to przeważająca część surowców przemysłu spożywczego.

Zmniejszanie się zasobów paliw kopalnych oraz upowszechnienie świadomości konieczności poszanowania środowiska powoduje intensywny rozwój badań wykorzystania biomasy jako alternatywnego źródła energii.

Równocześnie rozwijane są prace nad wykorzystaniem biomasy jako surowca przemysłowego do wytwarzania produktów rynkowych innych niż żywność. Takie produkty oparte na surowcach biologicznych jak rozpuszczalniki, zmywacze, smary, panele do samochodów, produkty rolnicze, farmaceutyczne, tusze i farby już dziś zastępują część produktów petrochemii.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

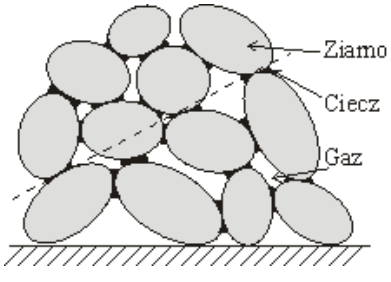
Równocześnie biomasa występuje w przemyśle w różnych postaciach od drobnych proszków, poprzez granulki (pellety), włóknisty materiał masowy, po materiał zielny.

W fazie wstępnych opracowań są nanostruktury oparte na surowcach biologicznych, jak np. nanowąsy budowane z łańcuchów celulozy (F. L. Leistritz, NDSU - projekt dotyczący uruchomienia pilotowej produkcji nanowąsów ze słomy pszenicznej, z których po uzupełnieniu biologicznym polimerem wytwarzanoby biodegradowalne włókna zastępujące włókno szklane).

Niezależnie od ostatecznego zastosowania, z punktu widzenia rolnictwa istotny jest gwałtowny wzrost zainteresowania częściami plonu, które dotychczas były, niekiedy kłopotliwym (jak np. słoma), produktem ubocznym. Wraz z nowymi sposobami wykorzystania biomasy pojawia się potrzeba opracowania nowych technologii zbioru, przechowywania i przetwarzania biomasy. Projektowanie efektywnych urządzeń i procesów wymaga znajomości charakterystyk przetwarzanego materiału. Nowym wyzwaniem, kłopotliwym dla technologii są splątanie włókien i duża odkształcalność, które nie występowały w lepiej rozpoznanych materiałach metalowych i mineralnych.

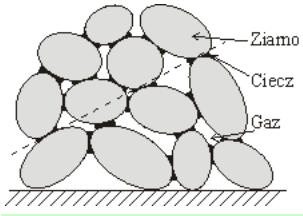
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Materiał ziarnisty



Materiał ziarnisty pozbawiony kohezji to **materiał sypki**. W warunkach płynięcia - naprężenie styczne w materiale sypkim zależy od naprężenia normalnego, zaś w płynie zależy od prędkości przepływu.

Materiały ziarniste złożone są z dwu lub trzech faz: ziaren fazy stałej oraz gazu i/lub cieczy wypełniających pory między ziarnami. W odróżnieniu od płynu materiał ziarnisty posiada zdolność przenoszenia naprężeń stycznych - charakteryzuje się tarciem wewnętrznym.



Materiał ziarnisty

Niektóre materiały ziarniste posiadają zdolność utrzymywania nadanego im kształtu – między cząstkami działają siły spójności - materiał kohezyjny.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Materiały sypkie

Organizatorzy konferencji naukowych nt. materiałów ziarnistych wymieniają następujące produkty występujące w formie sypkiej:

farmaceutyki
kosmetyki
materiały ścierne
produkty rolnicze
pigmenty
polimery
produkty spożywcze
proszki ceramiczne i metalowe
proszki mineralne
tonery.

Proszki

Proszki roślinne i spożywcze

Metody charakteryzowania tej grupy materiałów spożywczych i biologicznych są bardziej zaawansowane niż innych form biomasy, dlatego zapewne będą adaptowane dla innych grup materiałów kiedy będzie to możliwe.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Proszki

Cząstki **materiałów biologicznych** mają zwykle kształt bardziej skomplikowany niż cząstki materiałów nieorganicznych, głównie ze względu na bardziej skomplikowany skład chemiczny. Często jednak termin „średnica” odnoszony jest do wymiaru cząstek o bardziej złożonym kształcie. Mówimy wówczas o „średnicy równoważnej”.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Właściwości materiałów rozdrobnionych

Kształt i rozmiar cząstki
Gęstość
Porowatość
Opór przepływu gazu
Kąt nasypu
Kąt tarcia i kohezja
Tarcie o materiały konstrukcyjne
Ściśliwość, stałe sprężyste
Sypkość
Wskaźniki technologiczne

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Definicje „średnicy kuli równoważnej” (Allen, 1981)

Symbol	Nazwa	Równoważna właściwość kuli
x_v	Średnica objętościowa	Objętość
x_s	Średnica powierzchniowa	Pole powierzchni
x_{sv}	Średnica powierzchnia- objętość	Iloraz powierzchni do objętości
x_d	Średnica oporu czołowego	Opór ruchu w tym samym płynie przy tej samej prędkości
x_f	Średnica swobodnego spadania	Prędkość swobodnego spadku w tej samej cieczy, przy tej samej gęstości cząstki
x_{st}	Średnica Stokesa	Prędkość swobodnego spadku przy działaniu prawa Stokesa
x_A	Średnica sita	Przejście przez ten sam kwadratowy otwór sita

Definicje „średnicy koła równoważnego” (Barbosa-Canovas i in., 2005)

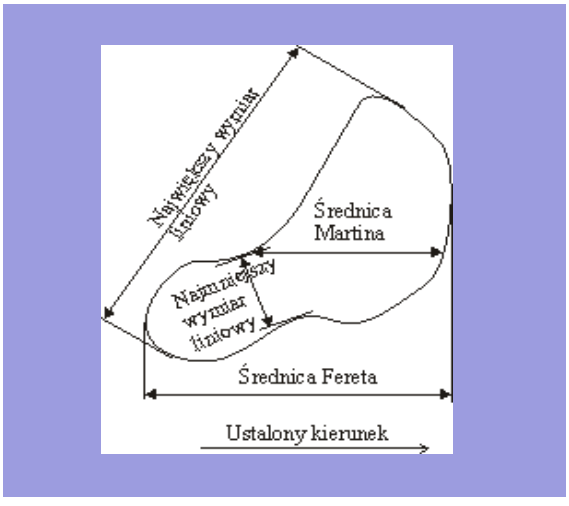
Symbol	Nazwa	Równoważna właściwość kuli
x_a	Średnica powierzchni rzutu	Pole powierzchni rzutu cząstki stabilnie spoczywającej
x_p	Średnica powierzchni rzutu	Pole powierzchni rzutu cząstki zorientowanej losowo
x_c	Średnica obwodu	Obwód zarysu

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Definicje „średnic statystycznych” (Barbosa-Canovas i in., 2005)

Symbol	Nazwa	Mierzony wymiar
x_F	Średnica Fereta	Odległość dwu stycznych po przeciwnych stronach cząstki
x_M	Średnica Martina	Długość linii dzielącej obraz cząstki na połowy
x_{SH}	Średnica ścinania	Szerokość cząstki zmierzona okularem ścinającym
x_{CH}	Maksymalna długość sznura	Maksymalna długość linii ograniczanej przez kontur cząstki

Wymiar charakterystyczny cząstek niekulistych



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Gęstość usypna

Gęstość usypna materiału rozdrobnionego jest parametrem materiałowym o zasadniczym znaczeniu dla technologii magazynowania, przetwarzania, pakowania i transportu.

Gęstość usypną materiału wyznacza się napełniając materiałem w ściśle zdefiniowany sposób pojemnik o objętości *V*. Następnie ważąc wyznacza się masę *m* materiału wypełniającego pojemnik, a gęstość usypną oblicza jako iloraz masy i gęstości

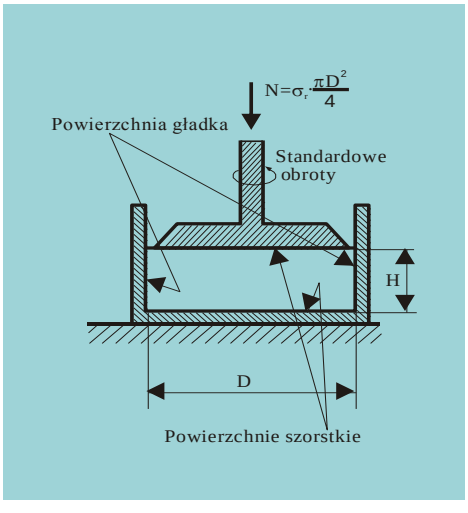
$$\rho = m/V$$

Gęstość usypna

W niektórych przypadkach istotna dla technologii jest gęstość materiału skonsolidowanego. Wówczas próbkę poddaje się zagęszczaniu w ściśle zdefiniowany sposób (zwykle poddając wibracjom o ustalonej amplitudzie i częstotliwości przez określony czas) i wyznacza iloraz masy do objętości, zwany **gęstością utrzęsioną**.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wyznaczanie gęstości materiału ziarnistego wg Eurocode 1



Porowatość

Porowatość ε – to iloraz objętości fazy gazowej i ciekłej w materiale porowatym do całkowitej objętości materiału.
Bardzo ważny parametr w procesach technologicznych wykorzystujących przepływ gazu lub cieczy przez materiał porowaty czy złoże materiału sypkiego (suszenie, przewietrzanie, fumigacja).

Porowatość można wyrazić w zależności od gęstości usypnej ρ_v i gęstości właściwej cząstek ρ jako:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_v}{\rho}$$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Opór przepływu gazu

Parametr zasadniczy dla technologii wykorzystujących przepływ gazu przez złoże materiału ziarnistego albo porowatego takich jak;
- suszenie
- przewietrzanie
- chłodzenie
- fumigacja.

Najczęściej podawany jako spadek ciśnienia na jednostkę długości przepływu – $Pa \cdot m^{-1}$. Normy projektowania i poradniki zawierają jego wartości w formie wykresów albo równań.

Opór przepływu gazu

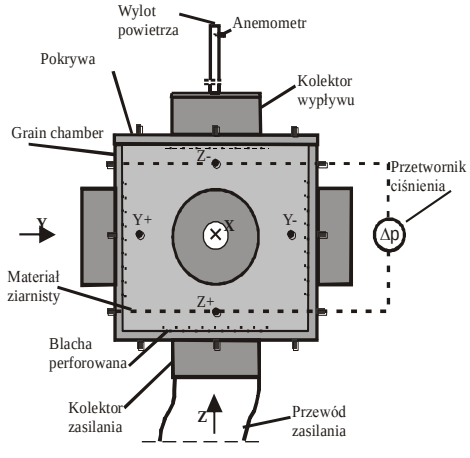
Eksperymenty wielu badaczy wskazywały, że spadek ciśnienia w przepływie wynika ze strat energii kinetycznej i strat powodowanych lepkością. Ergun (1952) uwzględniając to rozróżnienie zaproponował opis spadku ciśnienia w kolumnie materiału ziarnistego w postaci:

$$\Delta p = f_e \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{2\rho_f V^2}{D_p}$$

gdzie: ε – porowatość;
f_e – zmodyfikowany wsp. tarcia;
ρ_f – gęstość powietrza, $kg \cdot m^{-3}$;
D_p – średnica cząstki definiowana jako $D_p = 6/S_v$, gdzie S_v – powierzchnia właściwa cząstki tj. pole powierzchni cząstki przypadające na jednostkę jej objętości.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Opór przepływu gazu



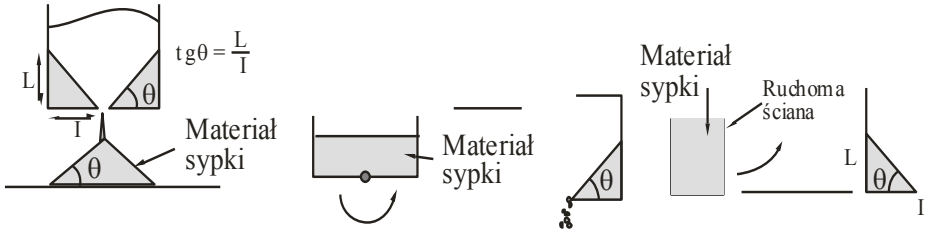
Kąt nasypu, usypu, naturalnego stoku

Pionowy strumień ziaren upadając na płaską, poziomą powierzchnię tworzy pryzmę w kształcie stożka. Kąt nachylenia tworzącej stożka względem poziomu jest uproszczoną miarą tarcia wewnętrznego i określany jest terminem - kąt nasypu θ (PN-74/Z-04002.07).
Kąt nasypu jest zwykle większy od kąta tarcia wewnętrznego. Różnica między nimi wzrasta ze wzrostem sił kohezji, co utrudnia określenie ścisłej relacji pomiędzy tymi kątami.

Przedstawiam metody wyznaczania kąta nasypu wg wyboru Teunou i in. (1995).

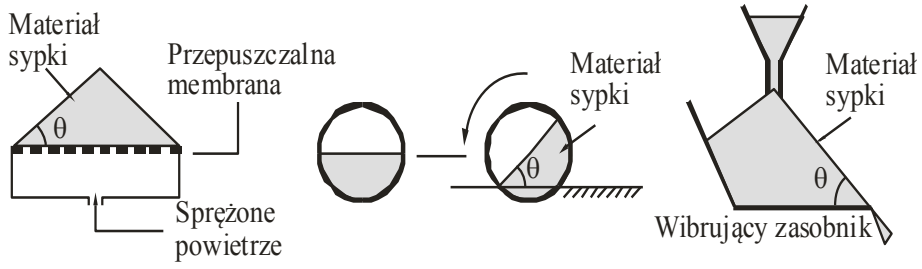
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kąt nasypu (1)



(a) Metoda opróżniania (b) Metoda poślizgu (c) Metoda osiadania

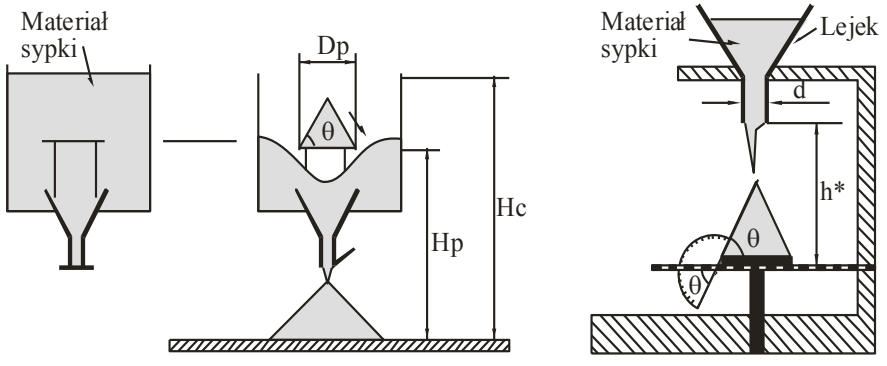
Kąt nasypu (2)



(d) Metoda napowietrzania (e) Metoda obrotowa (f) Metoda wibracyjna

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kąt nasypu (3)



(g) Metoda zanurzania (h) Metoda nasypywania

Kąty tarcia wewnętrznego: φ_c i δ oraz kohezja c

Parametry wytrzymałości materiału sypkiego określają warunki, w których zachodzi przejście ze stanu sprężystego lub sztywnego do stanu plastycznego płynięcia. Parametry te służą, między innymi, do oceny możliwości grawitacyjnego wypływu materiałów sypkich.

Na podstawie przebiegu warunku uplastycznienia wyznacza się następujące parametry:
- kąt tarcia wewnętrznego *j*,
- efektywny kąt tarcia wewnętrznego *d*, oraz
- kohezję *c*.

Zależnie od położenia i kształtu krzywej uplastycznienia materiały sypkie podzielić można na trzy grupy:

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Bezkohezyjne, dla których warunek uplastycznienia reprezentuje prosta przechodząca przez początek układu współrzędnych (wtedy $j = d$)

$$\tau = \sigma_n \tan\varphi$$

Materiały posiadające pewną kohezję *c*. Warunek uplastycznienia reprezentuje wówczas równanie (wtedy $j \neq d$) :

$$\tau = \sigma_n \tan\varphi + c,$$

Materiały silnie adhezyjne, dla których warunek uplastycznienia jest nieliniowy np. równania Warren-Spring'a:

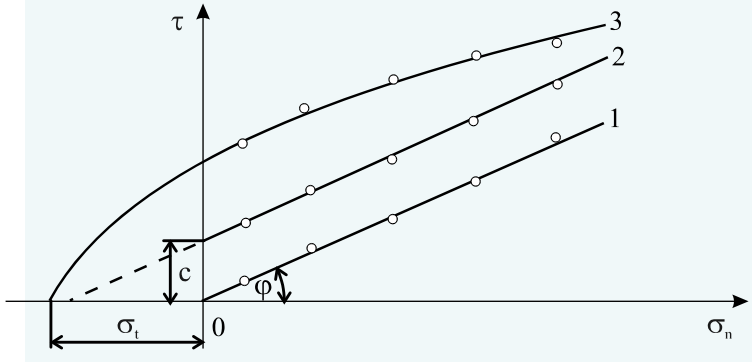
$$\left(\frac{\tau}{c}\right)^{\beta} = 1 + \frac{\sigma}{\sigma_t},$$

gdzie s_t jest wytrzymałością na rozciąganie, zaś *b* określa krzywiznę warunku plastyczności, tzw. indeks ścinania.

Kąty tarcia wewnętrznego: φ i δ oraz kohezja c

Materiały sypkie:

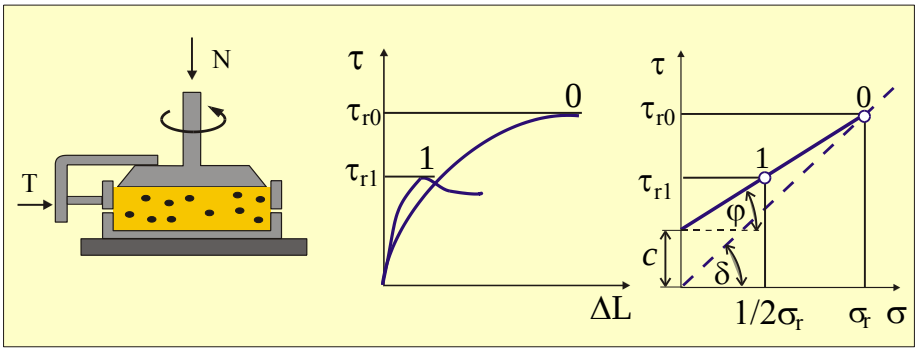
1– bezkohezyjne, 2– kohezyjne, 3– silnie adhezyjne



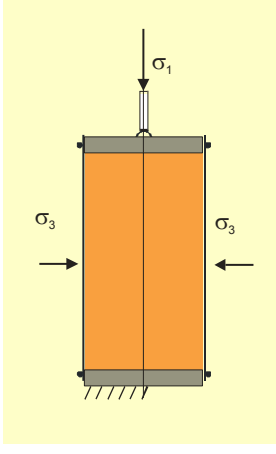
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kąty tarcia wewnętrznego: φ i δ oraz kohezja c

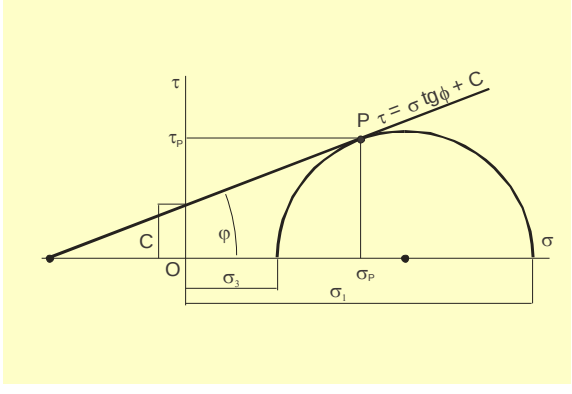
Metoda bezpośredniego ścinania



Kąty tarcia wewnętrznego: φ i δ oraz kohezja c



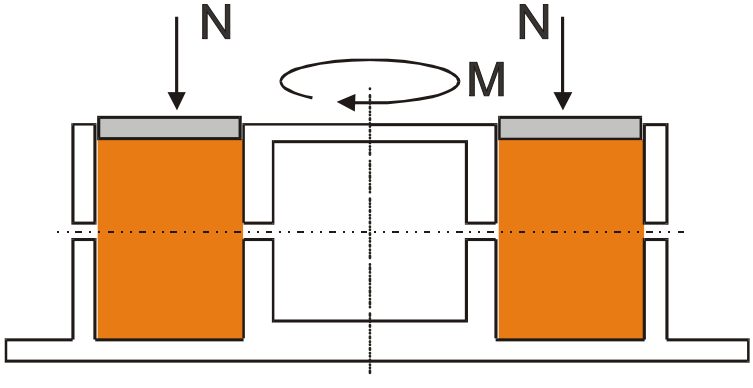
Metoda trójosiowego ściskania



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kąty tarcia wewnętrznego: φ i δ oraz kohezja c

Aparat pierścieniowy bezpośredniego ścinania



Konsolidacja czasowa (1)

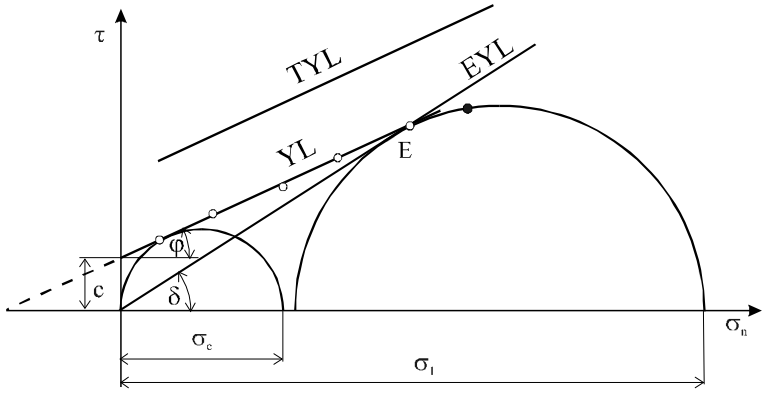
W warunkach spoczynku pod działaniem obciążeń statycznych z upływem czasu wzrasta wytrzymałość materiału rozdrobnionego. W warunkach przemysłowych dotyczy to okresu przechowywania do kilkudziesięciu godzin - między operacjami technologicznymi, albo chwilowego zatrzymania wypływu. Niekorzystne działanie tego procesu przejawia się jako ***przyrost wytrzymałości złoża***, na skutek umacniania połączeń kształtowych między cząstkami, czy kohezji rosnącej na skutek wzrostu obszarów kontaktu. Oznacza to m.in. pogorszenie sypkości i utrudnienie swobodnego wypływu albo utrudnienie pobierania materiału przez przenośnik.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Konsolidacja czasowa (2)

Już w swoim pierwszym opracowaniu (1961) Jenike zalecał badania konsolidacji czasowej, zwłaszcza materiałów podatnych na wzmocnienie. Materiał wypełniający komorę bezpośredniego ścinania należy obciążyć naporem pionowym równym występującemu w procesie przez odpowiedni czas. Następnie wykonywany jest test bezpośredniego ścinania i wyznaczane są parametry materiałowe. W czasie zagęszczania statycznego należy utrzymać stałą wilgotność materiału szczelnie owijając próbki folią. Jeżeli pomiary mają być prowadzone w podwyższonej temperaturze aparaturę należy umieścić w pomieszczeniu z regulacją temperatury.

Konsolidacja czasowa (3)

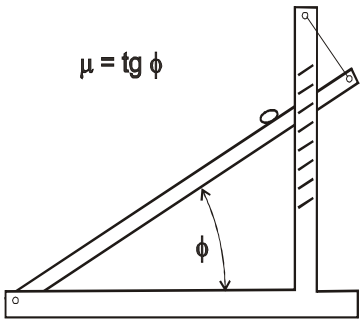


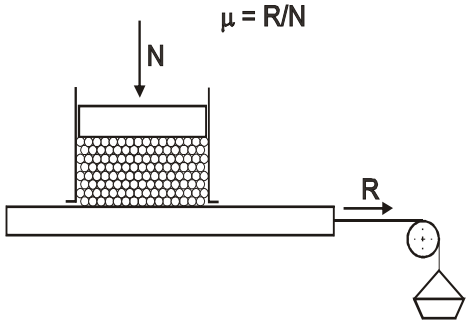
Doraźny (YL), efektywny (EYL) i zależny od czasu konsolidacji warunek plastyczności (TYL)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Tarcie zewnętrzne (1)

Współczynnik tarcia

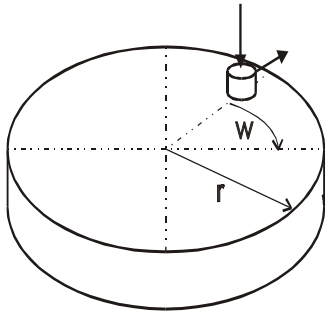




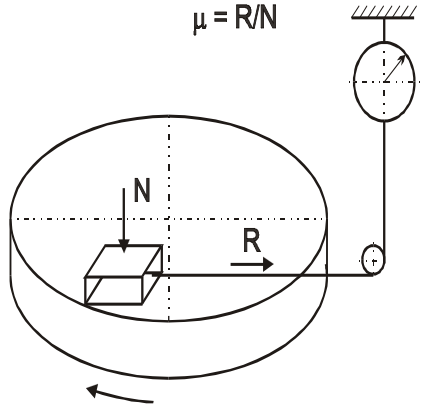
Tarcie zewnętrzne (2)

Współczynnik tarcia

$\mu = r\omega^2/g$



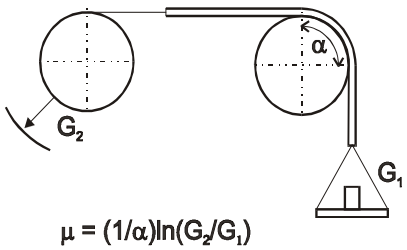
$\mu = R/N$



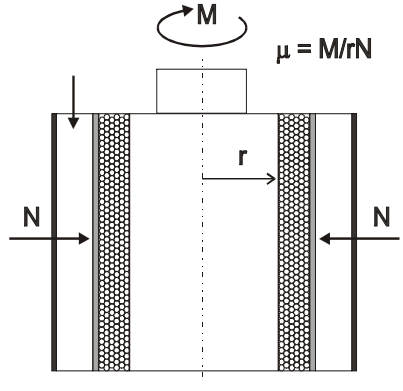
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Tarcie zewnętrzne (3)

Współczynnik tarcia



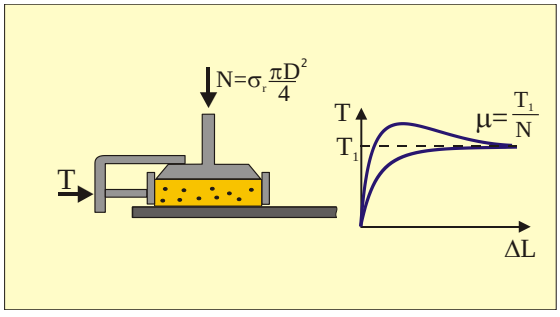
$\mu = (1/\alpha)\ln(G_2/G_1)$



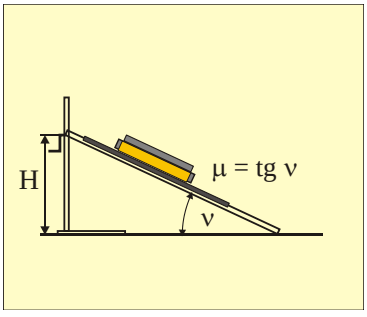
$\mu = M/rN$

Tarcie zewnętrzne

Współczynnik tarcia



Kąt tarcia



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Sypkość, funkcja płynięcia *FF*, indeks płynięcia *i*

Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie σ_c określa naprężenie, którego przekroczenie powoduje zniszczenie przesklepienia lub tunelu w leju zbiornika. Im wyższa jest wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie tym większa musi być średnica otworu wysypowego, aby wypływ materiału przebiegał w sposób niezakłócony.

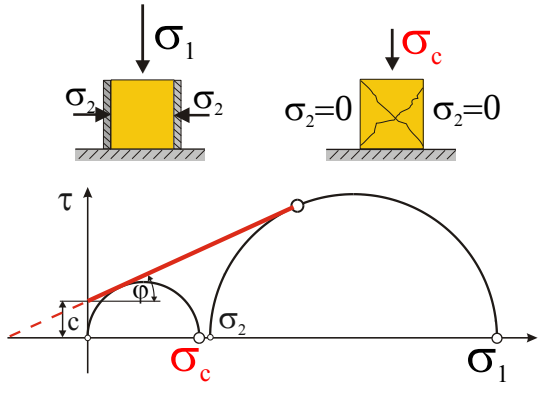
Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie określa punkt przecięcia z osią naprężenia normalnego σ_n koła Mohra stycznego do krzywej uplastycznienia i przechodzącego przez początek układu współrzędnych. Oznacza to, że do zniszczenia swobodnej powierzchni przesklepienia materiału sypkiego, skonsolidowanego wcześniej naprężeniem σ_1, potrzebne jest naprężenie σ_c

Sypkość, funkcja płynięcia *FF*, indeks płynięcia *i*

- Kryterium wypływu
- Miara jakości materiału

Czynniki:

- Wielkość cząstek
- Napór konsolidacji
- Czas konsolidacji
- Wilgotność
- Ściśliwość



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Sypkość, funkcja płynięcia *FF*, indeks płynięcia *i*

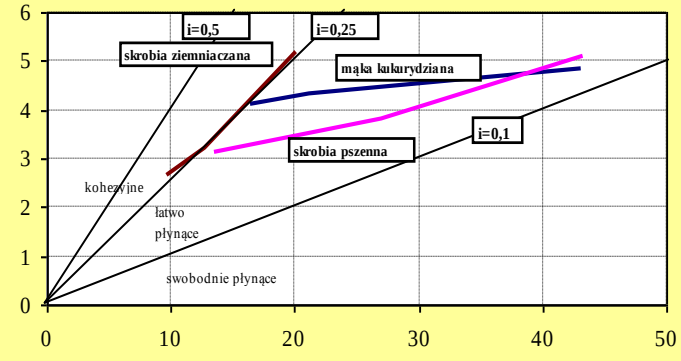
Zależność wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie s_c od większego naprężenia głównego podczas konsolidacji s_1 nazywana jest **funkcją płynięcia *FF***. Funkcja ta charakteryzuje zdolność materiału do swobodnego wypływu ze zbiorników pod wpływem sił grawitacji .

Funkcja płynięcia jest zwykle linią prostą bądź lekko wypukłą krzywą, którą można aproksymować prostą. Współczynnik kierunkowy stycznej do funkcji płynięcia w początkowym jej zakresie nosi nazwę **indeksu płynięcia *i*.**

Jest on bardzo wygodnym parametrem pozwalającym klasyfikować materiały sypkie pod względem ich zdolności do swobodnego płynięcia.

Sypkość, funkcja płynięcia *FF*, indeks płynięcia *i*

Proszki spożywcze



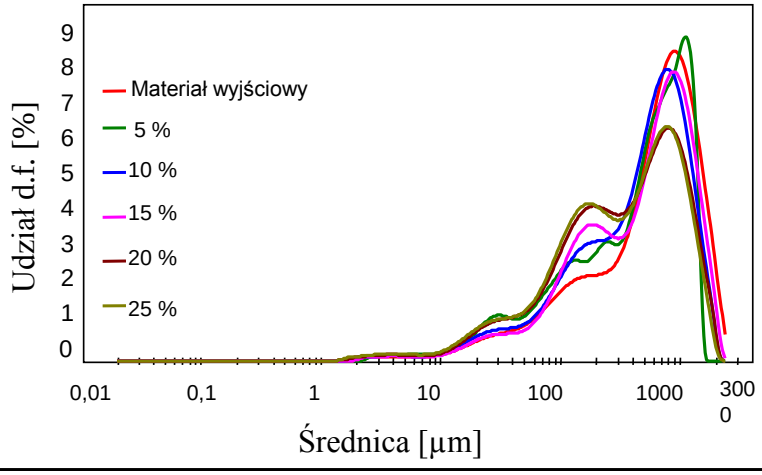
Funkcja płynięcia proszków spożywczych jest typowa dla materiałów łatwo płynących albo kohezyjnych.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

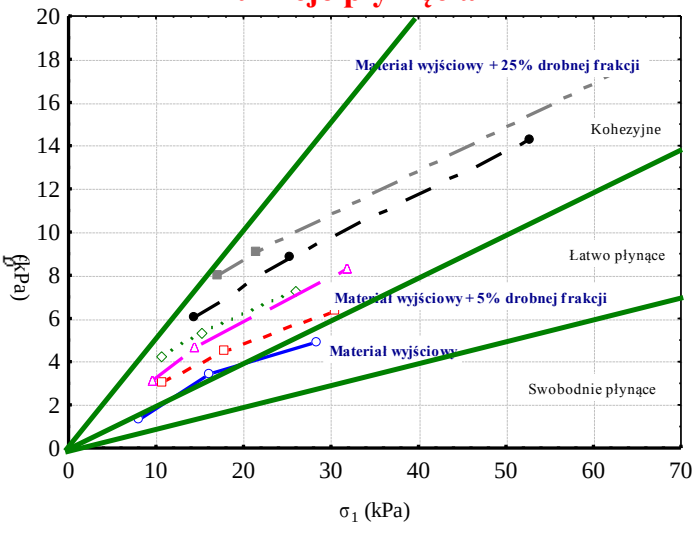
Materiał:

Śruta pszeniczna - materiał wyjściowy

i próbki z drobną frakcją (0,1 mm < *d* < 0,2 mm)



Funkcje płynięcia



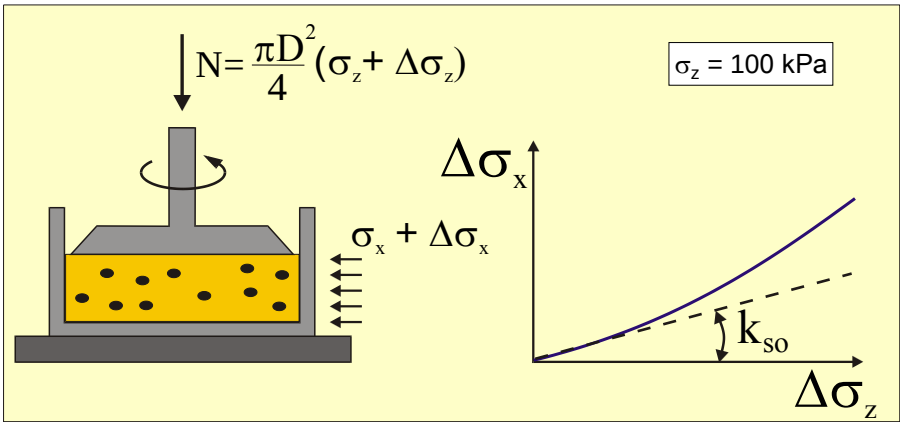
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Iloraz naporu, *K*

To iloraz naporu poziomego do pionowego w obciążonej próbce. Wartość parametru *K* otrzymuje się w drodze bezpośredniego pomiaru albo oblicza z zależności od kąta tarcia wewnętrznego.

W przypadku pomiaru wyznaczana jest wartość w warunkach ściany gładkiej $K_{s,m0}$. Obciążenie pionowe jest przykładane do górnej powierzchni próbki, która nie ma możliwości przemieszczenia poziomego. Mierzone są: napór poziomy σ_x i pionowy σ_z. Geometria aparatu pomiarowego i procedura wstępnego przygotowania próbki są identyczne jak w przypadku wyznaczania gęstości skonsolidowanej. Dno aparatu jest oddzielone od ściany, aby umożliwić pomiar naporu poziomego. Z pomiaru wyznaczany jest przebieg zależności $\Delta\sigma_x(\Delta\sigma_z)$, i dalej iloraz naporu $K_{s,m0}$.

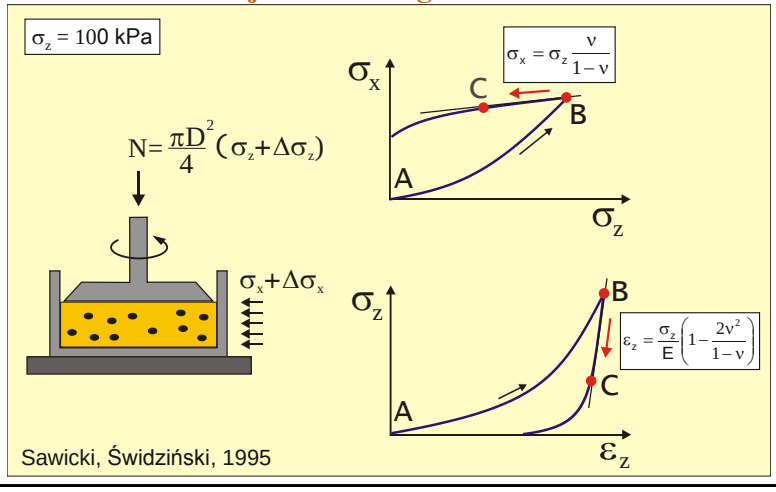
Iloraz naporu



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Parametry sprężystości

Metoda jednoosiowego ściskania



Sawicki, Świdziński, 1995

Parametry sprężystości

Metoda jednoosiowego ściskania

Moduł edometryczny $E' = \Delta p/(-\Delta h/h_0)$

Moduł sprężystości

$$E = E'\frac{1-\nu-2\nu^2}{1-\nu}$$

Liczba Poissona

$$K_0 = \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = \frac{\nu}{1-\nu} \qquad \nu = \frac{K_0}{1+K_0}$$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Parametry sprężystości

Metoda jednoosiowego ściskania

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_{z0}}{E}\left(1-\frac{2\nu^2}{1-\nu}\right)$$

$$A = \frac{\sigma_x}{\sigma_{z0}}\left(\frac{\nu}{1-\nu}\right)$$

$$\nu = \frac{A}{1+A}$$

regresja liniowa

Ściśliwość

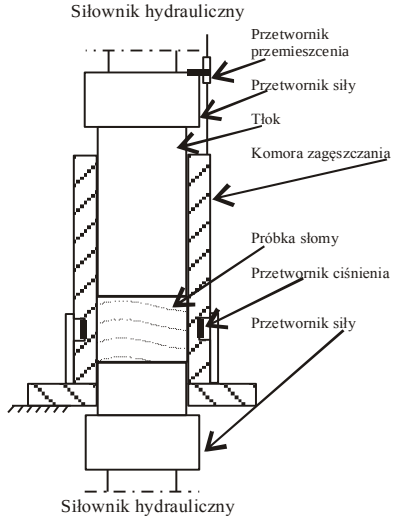
To właściwość ważna dla *zwiększenia gęstości właściwej* mającej niekiedy krytyczne znaczenie dla efektywności ekonomicznej przechowywania i transportu. Wystarczy rozważyć transport z regionów bogatych w biomasę do regionów dużego zapotrzebowania, jak np. siana z Japonii do Kanady, czy biomasy na użytek energetyczny z Argentyny do Skandynawii. Redukcja objętości o każdy pojedynczy procent oznacza zysk w żywej gotówce.

Ważne jest także znormalizowanie *kształtu produktu* (brykiety, pellety, tabletki), które znakomicie ułatwia liczne operacje technologiczne takie jak dozowanie, transport, czy pakowanie.
W niektórych przypadkach na granicy opłacalności jest nawet prażenie biomasy z późniejszym brykietowaniem.

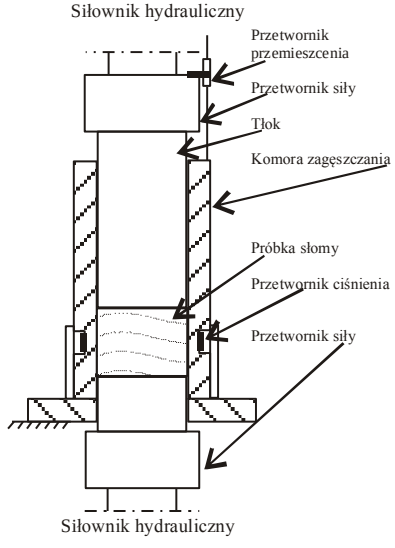
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zagęszczanie słomy

Prace nad teoretycznym opisem zagęszczania słomy prowadzono w latach 1960 – 1990, a więc jeszcze przed szerokim przemysłowym wykorzystaniem biomasy. Typowe podejście do problemu przedstawiam na przykładzie projektu dr A. Ferrero z Turynu. Badania prowadziliśmy z myślą o wykorzystaniu słomy do spalania, ale także – po obróbce chemicznej - jako paszy dla bydła.



Zasadniczym elementem układu eksperymentalnego była cylindryczna forma, w której zagęszczano próbkę. W dolnym fragmencie formy wytoczono rowek zmniejszając grubość ściany, tak by w tym miejscu odkształcała się silniej i tu naklejono tensometry do pomiaru ciśnienia poziomego. Formę ustawiano na dolnym tłoku prasy hydraulicznej, napełniano odważoną próbką słomy i ściskano za pomocą górnego tłoka.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zagęszczanie słomy

W trakcie eksperymentu mierzono przemieszczenie tłoka, siły pionowe dolną i górną oraz ciśnienie poziome. Po uformowaniu, brykiet był wypychany z formy i mierzono przyrost jego wysokości w czasie kilkunastu godzin. Ten pomiar miał charakteryzować trwałość brykietu.

Eksperymenty wykonano na słomie ryżowej, jęczmiennej i pszenicznej.

Do opisu zależności gęstości od ciśnienia zastosowano wzór wcześniej zaproponowany przez Bailey'a i in.(1986) do opisu zagęszczania gleby.

Zagęszczanie słomy

Bailey i in.(1986):

$$\rho = \rho_0 0 + (A + Bp) \cdot (1 - e^{-Cp})$$

gdzie: ρ - gęstość pod ciśnieniem,
ρ_0 – gęstość wstępna,
p – ciśnienie,
A, B i C – parametry modelu.

Wyniki badań wykazały, że równanie poprawnie opisuje zagęszczanie słomy, a parametry odzwierciedlają zjawiska fizyczne występujące w materiale oraz pozostają pod silnym wpływem wilgotności.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wskaźniki technologiczne

Tester Peschla

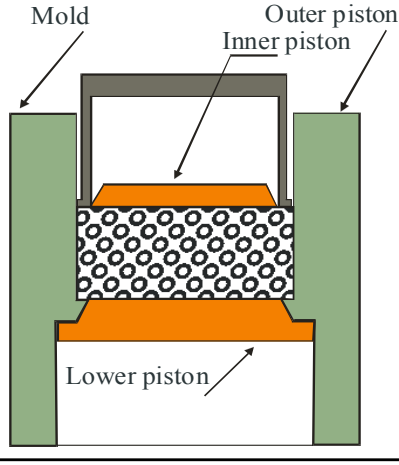
Obrotowy aparat ścinania z cylindryczną komorą podzieloną w poziomie na dwie części.
Pole przekroju poziomego - 30 cm^2
Objętość - 45 cm^3

$$FLA = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \cdot \rho}{\sigma_c \rho_w}$$

s_1, s_2 - większe i mniejsze naprężenie ściskające ρ, ρ_w – gęstość materiału i wody, s_c – wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie

Wskaźniki technologiczne

Aparat Johansona

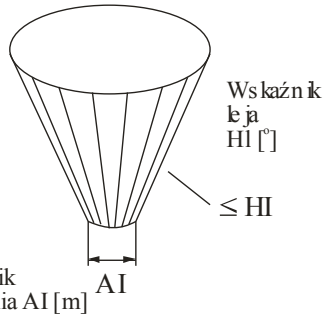


KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

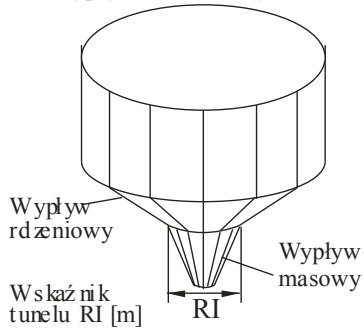
Wskaźniki technologiczne

Wskaźniki Johansona (1)

Silos stożkowy - wypływ masowy

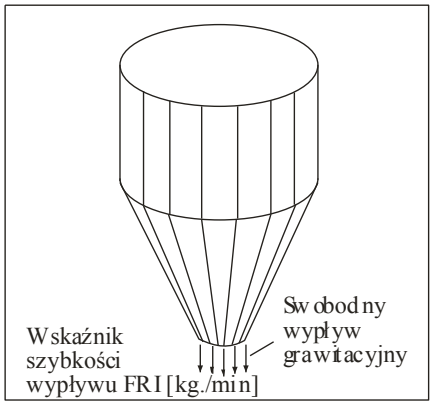


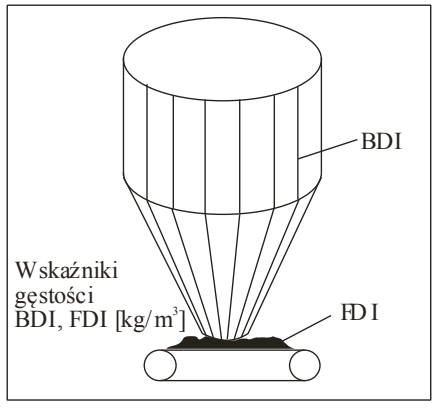
Wypływ rdzeniowy i masowy



Wskaźniki technologiczne

Wskaźniki Johansona (2)

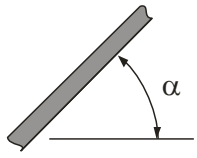




KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

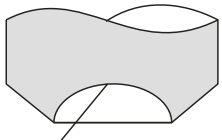
Wskaźniki technologiczne

Wskaźniki Johansona (3)



Wskaźnik zsypni CI [°]

Wskaźnik odbicia sprężystego, SBI [%]

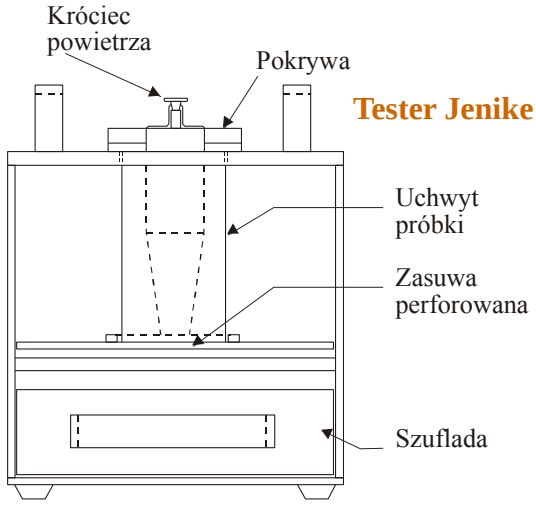


Sklepienie sprężyste

Wskazuje kiedy materiały sprężyste (np. mika, słoma, pianka polimerowa) mogą tworzyć sklepienie oraz, że potrzeba dalszych pomiarów.

Wskaźniki technologiczne

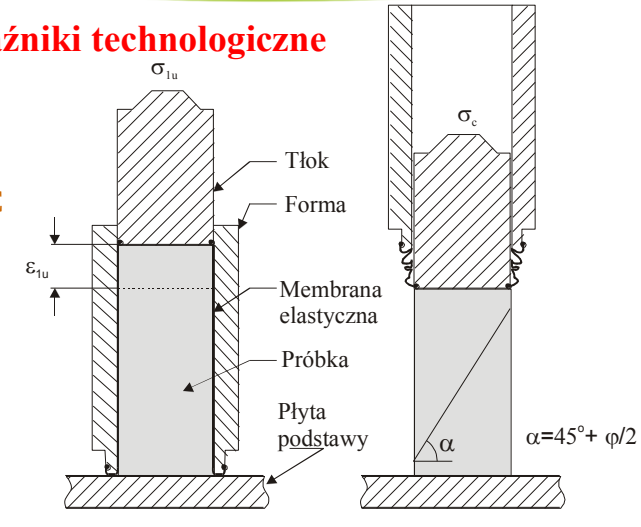
Tester Jenike & Johanson



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wskaźniki technologiczne

Tester POSTEC



a) Jednoosiowe ściskanie b) Utrata wytrzymałości

Zbrylanie

To szkodliwy proces, w którym w łatwo płynącym materiale najpierw wytwarzają się bryłki, następnie materiał przybiera postać ciała stałego aż, niekiedy staje się lepką, kleistą masą. Wyróżnia się (np. Barbosa-Canovas (2005)) cztery typowe mechanizmy zbrylania: chemiczne, w płynięciu plastycznym, elektrostatyczne oraz mechaniczne. Najpowszechniej spotyka się *zbrylanie chemiczne*, gdzie zlepianie cząstek odbywa się na skutek reakcji chemicznych takich jak: rozkład, uwodnienie, odwodnienie, rekrystalizacja czy sublimacja.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zbrylanie (1)

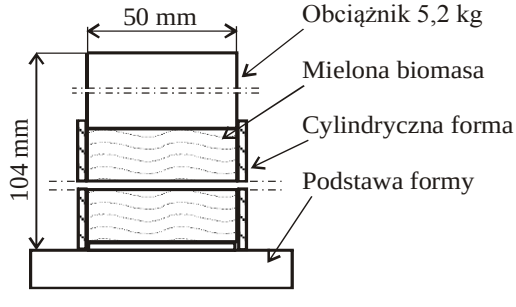
To szkodliwy proces, w którym w łatwo płynącym materiale najpierw wytwarzają się bryłki, następnie materiał przybiera postać ciała stałego aż, niekiedy staje się lepką, kleistą masą. Wyróżnia się (np. Barbosa-Canovas (2005) cztery typowe mechanizmy zbrylania: chemiczne, w płynięciu plastycznym, elektrostatyczne oraz mechaniczne. Najpowszechniej spotyka się *zbrylanie chemiczne*, gdzie zlepianie cząstek odbywa się na skutek reakcji chemicznych takich jak: rozkład, uwodnienie, odwodnienie, rekrystalizacja czy sublimacja.

Zbrylanie (2)

Nie ustanowiono dotychczas standardów charakteryzowania zbrylania. Przedstawiam jedną z propozycji przygotowaną na potrzeby energetyki. Inżynierowie Wolfson Centre for Bulk Solids Technology opracowali i testowali metodę ilościowego opisu podatności na zbrylanie opartą na próbie jednoosiowego ściskania. Badano mieszankę mielonego węgla z biomasą wytworzoną ze zboża, w różnych proporcjach składników i różnej wilgotności. Próbki kształtowano w cylindrycznych formach składających się z pary połówek cylindra przeciętego wzdłuż osi, zamocowanych na podstawie montażowej.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zbrylanie (3)



Zbrylanie (4)

Cylinder ustawiano na podstawie mocując połówki taśmami gumowymi i luźno napełniano mieszanką. Na próbkę stawiano obciążnik 5,2 kg na czas 5 – 6 minut, po czym odciążano, oznaczano i umieszczano w komorze przechowalni na czas 1, 2,5 albo 3,5 tygodnia.

Po zakończeniu formowania mierzono wytrzymałość próbki na jednoosiowe ściskanie. Stwierdzono, że przyrost udziału biomasy w mieszance powodował wzrost wytrzymałości próbek, zwłaszcza przy dłuższym czasie przechowywania.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Podsumowanie (1)

W mechanice materiałów rozdrobnionych, w ostatnim dwudziestoleciu, opracowywano nowe metody pomiarowe oraz doskonalono metody znane, aby dać interpretację efektów dotychczas niewyjaśnionych oraz uprościć żmudne i czasochłonne procedury pomiarowe.

Spośród licznych wcześniejszych opracowań aparat pierścieniowy prawdopodobnie na trwałe pozostanie wśród uznanych technik pomiarowych. Jego przewaga nad innymi urządzeniami uwidacznia się zwłaszcza w badaniach materiałów roślinnych i produktów spożywczych. Materiały te, z powodu odkształcalności granul, wymagają stosunkowo długiej drogi ścinania, zaś ta w aparacie pierścieniowym jest nieograniczona.

WYKORZYSTANIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH
i pofermentacyjnych w rolnictwie

dr hab. Cezary Sławiński

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów ściekowych i pofermentacyjnych w rolnictwie

Cezary Sławiński
Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym"

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Plan wykładu

- Właściwości osadów ściekowych
- Osady pofermentacyjne i ich właściwości
- Sposoby wykorzystania osadów
- Przyrodnicze wykorzystanie osadów
- Rolnicze wykorzystanie osadów
- Właściwości gleb modyfikowanych

Osad ściekowy

Osady ściekowe są produktem oczyszczania ścieków i powstają na skutek szeregu procesów fizycznych, fizyczno-chemicznych i biologicznych zachodzących w oczyszczalniach ścieków.

Osady ściekowe są produktem ubocznym powstającym w procesach oczyszczania ścieków.

Stanowią one od 1 do 2% ogólnej objętości ścieków dopływających do oczyszczalni

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Osad ściekowy

Ilość i jakość osadów ściekowych zależy od charakterystyki fizykochemicznej ścieków i przyjętego układu technologicznego oczyszczalni. Najbardziej ogólnie, osady powstające w miejskiej oczyszczalni można podzielić na:

- wstępne,
- wtórne - po biologicznym procesie oczyszczania,
- chemiczne - po chemicznym procesie strącania fosforu lub koagulacji.

Osad ściekowy

Osady wstępne (surowe) powstają w osadniku wstępnym w procesie sedymentacji, który pozwala na usunięcie prawie 60% zawiesiny ogólnej i redukcję BZT_5 do 30%. Są to osady niejednorodne, które zawierają znaczne ilości drobnoustrojów chorobotwórczych i pasożytów, przez co są niebezpieczne pod względem sanitarnym.

Charakteryzują się znaczną tendencją do gnicia w związku z dużą zawartością łatwo rozkładalnych substancji organicznych, a także małą zdolnością do odwadniania. Podczas procesów rozkładu wydzielają uciążliwe odory.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Osad ściekowy

Osad wtórny - osad powstały po biologicznym oczyszczaniu ścieków na złożach biologicznych lub przy wykorzystaniu metody osadu czynnego.

Jest on końcowym etapem oczyszczania ścieków, gdzie następuje rozdzielenie osadu od oczyszczonych ścieków.

Osad ściekowy

Właściwości:

- Wysokie uwodnienie (ponad 99% dla osadów surowych, 55-80% dla osadów odwodnionych, poniżej 10% po termicznym suszeniu)
- Wysoka zawartość związków organicznych (około 75-85 % suchej masy dla osadów niestabilizowanych, 45-55% dla osadów ustabilizowanych)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Osad ściekowy

Właściwości (cd):

- Zróżnicowana zawartość metali ciężkich (największa w przypadku oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w silnie uprzemysłowionych miastach)
- Wysoka zawartość związków azotu (2-7% s. m.), niższa związków fosforu i potasu.

Osad ściekowy

Właściwości (cd):

- Charakteryzuje się zróżnicowanym stopniem zagrożenia sanitarnego – największy dla osadów surowych wstępnych, najmniejszy dla osadów ustabilizowanych i zhigienizowanych. Wśród wykrywanych w osadach ściekowych organizmów patogennych występują bakterie chorobotwórcze, wirusy, pierwotniaki oraz jaja pasożytów. Zawartość składników nawozowych, takich jak azot, fosfor i wapń w osadzie jest 1,5 razy większa niż w dobrej jakości oborniku. Niższy natomiast jest poziom potasu i magnezu

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Osad pofermentacyjny

Osad pofermentacyjny powstaje jak produkt uboczny fermentacji w komorach fermentacyjnych (fermentacja metanowa) i jest jedną z form biomasy.

Osad pofermentacyjny

Osad pofermentacyjny w zależności od składu substratu wejściowego może być traktowany jako odpad przemysłowy, bądź jako pełnowartościowy nawóz organiczny. Szczególnie interesujące z punktu widzenia biogazowni rolniczej jest używanie produktu fermentacji zamiast nawozów naturalnych.

W przefermentowanych resztkach gnojowicy, gnojówki czy obornika stężenie azotu, fosforu i potasu jest ok. 15% wyższe niż przed fermentacją, a jednocześnie nie wydzielają one nieprzyjemnych zapachów i są mniej agresywne ze względu na niższą zawartość szkodliwych bakterii.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Osad pofermentacyjny

Osad pofermentacyjny jest najczęściej wykorzystywany na cele nawozowe. Aby mógł być w ten sposób spożytkowany musi spełniać wymagania określone w Dz.U. Nr 236, poz. 2369, z dnia 29 października 2004r.

Osady badane są pod kątem parametrów takich jak: zawartość azotu, fosforu i potasu, oznaczana jest zawartość substancji organicznej i mineralnej, obecność metali ciężkich. Kontrolowany jest pod kątem obecności bakterii chorobotwórczych i pasożytów.

Osad pofermentacyjny

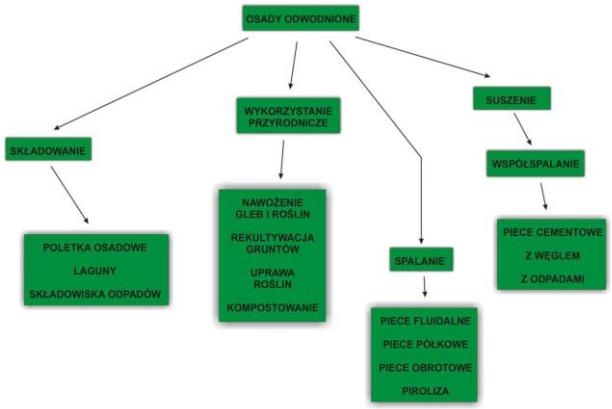
Osad pofermentacyjny jest transportowany do komory pofermentacyjnej, w której zachodzi proces wygaszania fermentacji i odgazowywania osadu. Następnie osad ten wykorzystywany jest jako nawóz rolniczy.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Osad pofermentacyjny

biogazownie najczęściej zasilane są:
- odpadami produkcji rolnej (gnojowica, gnojówka i obornik)
- roślinami energetycznymi (kukurydza, buraki cukrowe, miskantus)
- odpadami z przemysłu spożywczego (odpady produkcyjne, przeterminowana żywność)
- odpadami z przetwórstwa owocowo - warzywnego (wytłoczyny, wywary, skrobia)
- odpadami poubojowymi

Wykorzystanie osadów



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

Przyrodnicze wykorzystanie osadu jest możliwe dopiero po wieloetapowej przeróbce, w wyniku której właściwości osadu surowego ulegają radykalnej zmianie.

Przyrodnicze wykorzystanie osadów

Głównymi parametrami ograniczającymi przyrodnicze wykorzystanie osadów jest skład chemiczny i sanitarny, a w szczególności zawartość metali ciężkich, silnie toksycznych związków chemicznych i organizmów chorobotwórczych.

W zależności od składu, osad może być przyrodniczo wykorzystany do nawożenia gleb i roślin, rekultywacji gleb zdegradowanych i gruntów, roślinnego utrwalania gruntów narażonych na erozyjne działanie wody i wiatru oraz produkcji kompostu na wyżej wymienione cele.

Najbardziej restrykcyjne wymagania stawiane są osadom przeznaczonym do wykorzystania rolniczego.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

Procesy przeróbki mają na celu doprowadzić do:

- zmniejszenia możliwości gnicia osadu - w procesie stabilizacji,

- do zabicia organizmów chorobotwórczych - w procesie higienizacji,

- do zmniejszenia objętości i masy osadu - w procesach odwadniania

Wykorzystanie osadów

Procesy te zmieniają zarówno właściwości fizyczne osadów, jak również chemiczne i biologiczne. Osad po powyższych procesach może być wywieziony z terenu oczyszczalni w celu jego ostatecznego wykorzystania lub zdeponowania.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Kondycjonowanie osadów

Kondycjonowanie osadów są to procesy fizyczne lub chemiczne zwiększające podatność osadów na odwadnianie.

Mają one doprowadzić do zmiany struktury osadu i stanu powierzchni zdyspergowanych cząstek fazy stałej, a w konsekwencji do zwiększenia rozmiarów cząstek i zmniejszenia sił wiążących cząstki z wodą.

Proces kondycjonowania poprzedza zazwyczaj procesy zagęszczania i odwadniania

Zagęszczanie osadów

Pierwszym bardzo ważnym z punktu widzenia przebiegu dalszych etapów przeróbki, procesem jednostkowym przeróbki osadów jest ich **zagęszczanie.** Jego pominięcie może prowadzić do późniejszych kłopotów eksploatacyjnych. Powoduje ono zmniejszenie uwodnienia do ok. 92-94% poprzez usunięcie wody wolnej.

-Zagęszczanie grawitacyjne

-Zagęszczanie flotacyjne

-Zagęszczanie mechaniczne

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zagęszczanie osadów

Powstały osad posiada konsystencje płynną lub plastyczną, co uzależnione jest od proporcji między wodą wolną, a związaną, zawartości związków organicznych i mineralnych, wielkości i budowy cząsteczek, stężenia elektrolitów oraz odczynu. W zależności od rodzaju osadów stosuje się metody grawitacyjne, flotacyjne lub prowadzone na urządzeniach mechanicznych.

Odwadnianie osadów

Jednym z ważnych problemów jest odwadnianie osadu

Prasa taśmowa

Prasa komorowa

Wirówka odśrodkowa

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Odwadnianie osadów

Odwadnianie jest procesem stosowanym w celu zmniejszenia objętości osadów ściekowych i poferementacyjnych.

W wyniku procesu z osadów usuwana jest woda kapilarna występująca w osadach o uwodnieniach w granicach od 50 do 80%, natomiast woda związana (adsorpcyjna) usuwana jest z osadu w procesach suszenia.

Odwadnianie osadów

Podatność osadów na **odwadnianie** zależy od charakterystyki zanieczyszczeń trafiających do ścieków oraz ich stanu w chwili wejścia na oczyszczalnię, a także od technologii oczyszczania ścieków i etapu, na którym osady zostały wyodrębnione z procesu oczyszczania.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Stabilizacja osadu

Na zmianę właściwości chemicznych osadów silnie wpływają **procesy stabilizacji**.

Wyróżnia się stabilizację **biologiczną i chemiczną**

Metody biologicznej stabilizacji prowadzone są w warunkach **beztlenowych** (**fermentacja metanowa**) lub **tlenowych** (**stabilizacja tlenowa, kompostowanie**).

Stabilizacja osadu

Metody chemiczne stabilizacji osadów polegają na mieszaniu osadu z reagentami chemicznymi - wapnem hydratyzowanym lub palonym, co ze względu na właściwości wapna, zapewnia nie tylko stabilizację osadu, ale również jego higienizację, co jest korzystne z punktu widzenia rolniczego wykorzystania osadu.

Osad po procesach stabilizacji powinien mieć niską intensywność oddychania, dużą zdolność sedymentacji i odwadniania, a także charakteryzować się niską uciążliwością zapachową

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Fermentacja metanowa

Polega na tym, że w w kontrolowanych warunkach, substancja organiczna ulega przemianie do metanu i dwutlenku węgla przy użyciu instalacji mieszania gazem (pracującej z przerwami). Instalacje takie stosuje się np. w przetwarzaniu osadu z zakładów przemysłu spożywczego oraz odpadów stałych.

Osad z instalacji oczyszczania ścieków, bogaty w zanieczyszczania organiczne stanowi doskonały materiał dla pozyskiwania biogazu.

Fermentacja metanowa

Fermentacja metanowa może być stosowana zarówno do przeróbki osadów jak i odpadów produkcyjnych, takich jak serwatka (przetwórstwo mleka), gnojówka, obornik (odchody zwierzęce), słoma, makuch rzepakowy (biopaliwa), odpady z przetwórstwa buraków, ziemniaków, kukurydzy i wiele innych. Instalacje takie umożliwiają prowadzenie procesu fermentacji osadów i odpadów jednocześnie. Powstający osad pofermentacyjny ma z reguły znakomite właściwości nawozowe.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Chemiczne/termiczne suszenie osadu

W procesie termicznym wykorzystywane jest gorące powietrze lub para, natomiast proces suszenia chemicznego polega na dozowaniu odpowiednich chemikaliów, w zależności od charakteru suszonego osadu.
Instalacje te znajdują zastosowanie w przemyśle różnego rodzaju.

Higienizacja (wapnowanie) osadu

Osady ściekowe są z reguły niebezpieczne pod względem sanitarno-epidemiologicznym. Dodanie wapna powoduje dezynfekcję osadu, jednocześnie zwiększając zawartość suchej masy osadu oraz eliminuje powstawanie uciążliwych zapachów.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Mineralizacja osadu

Zaliczana jest do termicznych metod utylizacji, znajdujący zastosowanie dla osadów ściekowych oraz odpadów produkcyjnych. Jest to prowadzony w kontrolowanych warunkach proces rozkładu materii organicznej przebiegający w pełnych warunkach tlenowych. Prowadzi do powstania prostych związków mineralnych, takich jak dwutlenek węgla, woda, tlenki siarki, azotu, fosforu itd.

Zmineralizowany osad jest w pełni odwodniony, zabezpieczony pod względem higienicznym oraz pozbawiony uciążliwości zapachowej.

Produkcja struwitu

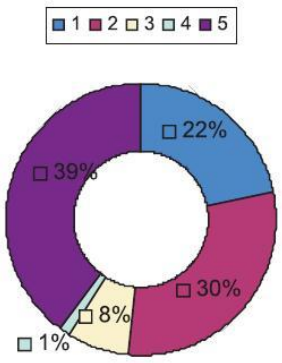
Technologia służąca do usunięcia azotu amonowego i fosforu ze ścieków i osadów ściekowych.

Struwit - fosforan amonowo-magnezowy jest wysokiej jakości nawozem mineralnym o wyjątkowo długim działaniu dzięki bardzo niskiej rozpuszczalności. Odwodniony osad nadmierny z instalacji biologicznej tlenowej lub beztlenowej zmieszany ze struwitem daje wartościowy nawóz do rolniczego wykorzystania

Stymuluje on wzrost roślin o 80% w stosunku do braku nawożenia Dawkowanie struwitu przyczynia się do wzbogacenia gleby w fosfor, w formie mineralnej przyswajalnej dla roślin.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów



Struktura gospodarki osadami w ściekowymi 2008r,
1 – stosowane w rolnictwie,
2 – stosowane do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne,
3 – stosowane do upraw roślin przeznaczonych do produkcji kompostu,
4 – przekształcone termicznie,
5 – składowane

Wykorzystanie osadów

Niektóre osady przemysłowe pochodzące z zakładowych oczyszczalni ścieków, szczególnie z przemysłu spożywczego oraz celulozowego, skórzanego i ceramicznego, mogą być poddawane odzyskowi metoda R10 (rozprowadzanie na powierzchni ziemi w celu nawożenia lub ulepszenia gleby), jeśli spełniają m.in. wymagania jak dla komunalnych osadów ściekowych określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 134, poz. 1140 i zm. Dz. U. Nr 155/2002, poz. 1299).

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

Składowanie osadów - przyczyną takiego stanu jest brak możliwości skierowania osadów do odpowiednich instalacji (kompostowania lub termicznego przekształcania) oraz przekroczenia dopuszczalnych parametrów jakościowych osadu, które wykluczają bądź ograniczają możliwość zastosowania rolniczego lub do rekultywacji.

Wykorzystanie osadów

Suszenie i termiczne przekształcanie - w wyniku termicznego suszenia osad przekształcany jest w produkt o zawartości około 90% s. m., który może być wykorzystywany jako nawóz organiczny lub paliwo energ

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

Wysuszony osad ściekowy charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- ma niższą masę,
- jest wolny od bakterii chorobotwórczych i jaj pasożytów,
- jest łatwiejszy i znacznie bezpieczniejszy w transporcie - ewentualne wydostanie się nie powoduje zagrożenia dla środowiska,
- może być spalany autotermicznie,
- może być wykorzystywany jako nawóz.

Wykorzystanie osadów

Duża ilość osadów oraz zawarte w nich metale ciężkie, czy brak wystarczająco dużych powierzchni do składowania, czy przyrodniczego wykorzystywania, przemawia za termiczną utylizacją osadów ściekowych.

Sposoby spalania:

- **Spalanie osadów w piecu fluidalnym** - wymaga jedynie podsuszenia osadów do co najmniej 27 % s.m w celu zapewnienia autotermiczności procesu

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

- **Spalanie w piecu obrotowym -** temperatura spalania waha się w zakresie 800-1000 stopni w zależności od właściwości osadów. W procesie tym następują niestety duże straty energetyczne ze względu na uchodzenie gorących spalin.

Wykorzystanie osadów

- **Spalanie w piecu półkowym -** zaletą pieca półkowego jest dobre wykorzystanie energii i brak konieczności wcześniejszego podsuszania osadów, natomiast wadą jest konieczność podawania paliwa dodatkowego, czyli zazwyczaj ropy naftowej

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

- **Piroliza -** termiczne przekształcanie substancji organicznych w środowisku całkowicie pozbawionym tlenu, bądź przy niewielkiej jego obecności. Piroliza niskotemperaturowa zachodzi w temperaturze 450-700°C, a wysokotemperaturowa w 900-1100°C. Zaletą tej technologii jest pełna higienizacja osadów pod wpływem suszenia i pirolizy.

Wykorzystanie osadów

Energetyczne wykorzystanie osadu - wykorzystywanie osadu jako opału jest alternatywą dla procesu fermentacji beztlenowej osadu lub też jego uzupełnieniem

L.p.	Materiał	Substancje palne [%]	Ciepło spalania [kJ/kg]
1.	Tłuszcz i kożuch	88	38.750
2.	Skratki z kraty gęstej	74	24.000
3.	Zanieczyszczony piasek	33	4.000
4.	Osad wstępny		
	- surowy		25.560
	- przefermentowany	60 ÷ 80	11.620
	- chemiczny		16.270
5.	Osad nadmierny (czynny)	70 ÷ 80	20.920
6.	Osad po złożach biologicznych	65 ÷ 80	19.700
7.	Odpadki z rozdrabniarek kuchennych	85	19.060

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

- **Współspalanie osadów z węglem -** zazwyczaj do węgla dodaje się około 5% osadów, jednakże czasem wskazuje się na możliwość zwiększenia udziału osadów do 10-25 %

Wykorzystanie osadów

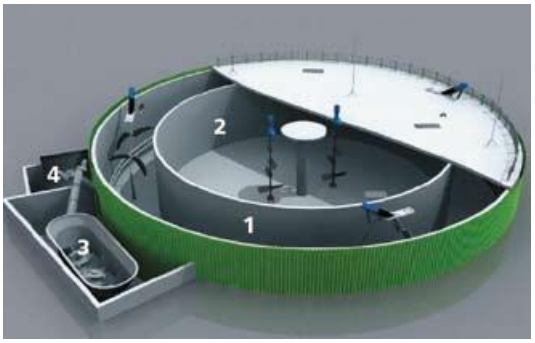
Biomasa – ulegające biodegradacji frakcje produktów pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, odpady i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej, a także odpady przemysłowe i komunalne, które służą jako substrat do produkcji paliw stałych, ciekłych i gazowych

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów

Biomasa przekazywana jest ze zbiornika substratu wsadowego przez zasobnik mieszalnikowy, do fermentatora gdzie w procesie fermentacji beztlenowej powstaje gaz. Oczyszczony biogaz spalany zostaje w jednostkach kogeneracyjnych (silnik i generator prądu) w wyniku czego otrzymujemy energię elektryczną. Dodatkowo woda chłodząca silnik jest źródłem ciepła

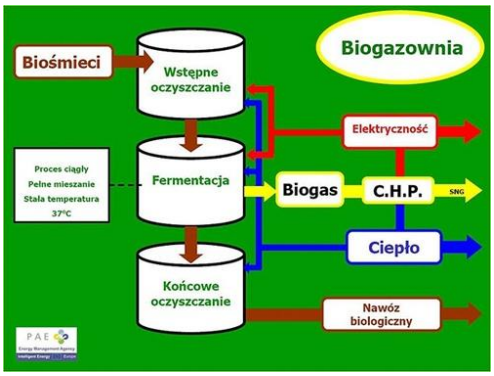
Wykorzystanie osadów



Biogazownia rolnicza typu „PowerRing”
Moc : 500 kWe
1. Komora fermentacyjna
2. Zbiornik pofermentacyjny
3. Urządzenia załadowcze
4. Stacja pomp

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów



Wykorzystanie osadów

Po procesie fermentacji substrat przetłoczony zostaje rurociągiem do zbiorników magazynowych osadu pofermentacyjnego. Osad pofermentacyjny w zależności od składu substratu wejściowego może być traktowany jako odpad przemysłowy, bądź jako **pełnowartościowy nawóz organiczny**.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów

Dyrektywa Rady

z dnia 12 czerwca 1986 r.

w sprawie ochrony środowiska, w szczególności gleby, w przypadku wykorzystywania osadów ściekowych w rolnictwie

(86/278/EWG)

celem niniejszej dyrektywy jest wprowadzenie przepisów regulujących wykorzystywanie osadu ściekowego w rolnictwie, w taki sposób, by zapobiec jego szkodliwemu oddziaływaniu na glebę, roślinność, zwierzęta i ludzi, zachęcając jednocześnie do prawidłowego wykorzystania osadu;

Rolnicze wykorzystanie osadów pofermentacyjnych

Rozrzucenie na łąkach, bez wcześniejszego przetworzenia

Rozdzielenie fazy stałej od osadu (rozrzucony na polach) i fazy płynnej (po rozcieńczeniu z wodą deszczową w proporcji 1:1 może zostać wykorzystana jako woda technologiczna)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Wykorzystanie osadów pofermentacyjnych

Separacja membranowa (mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja, odwrócona osmoza) Powoduje zmniejszenie objętości odpadów pofermentacyjnych i zwiększenie stężenia substancji odżywczych. Otrzymana woda jest oczyszczana tak, żeby mogła zostać odprowadzona do zbiorników otwartych. Pozostały koncentrat może zostać rozrzucony na polach.

Odparowanie

Rolnicze wykorzystanie osadów

Przyrodnicze wykorzystanie - nawożenie gleb i roślin oraz rekultywację gleb oraz zdegradowanych gruntów

Rekultywacja gruntów polega na nadaniu lub przywróceniu zdegradowanym i zdewastowanym gruntom rolnym, leśnym lub gruntom wartości użytkowych lub przyrodniczych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów rekultywacja

Teren powydobywczy

Rolnicze wykorzystanie osadów rekultywacja

Osady kierowane do rekultywacji powinny:

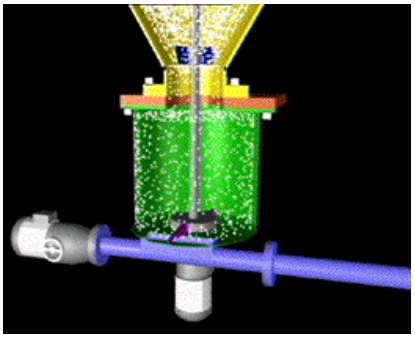
- spełniać normy na zawartość metali ciężkich,
- być ustabilizowane, czyli mieć zmniejszoną zagniwalność,
- być zhigienizowane - zawartość żywych jaj pasożytów może wynosić do 300 na kg s.m. i braku bakterii *Salmonella*,
- być odwodnione do stopnia wymaganego przez metodę transportu i aplikacji,
- być w stanie, który utrudni migrację metali z otrzymanej mieszaniny

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów

Wapnowanie osadów ściekowych - produkt końcowy można traktować jako nawóz, który służy do odkwaszania gleb poprawiający jej strukturę, jednocześnie dostarcza roślinom niezbędnych składników w ilościach porównywalnych z innymi nawozami organicznymi

Rolnicze wykorzystanie osadów



Układ ekstrakcji i dozowania wapna

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów

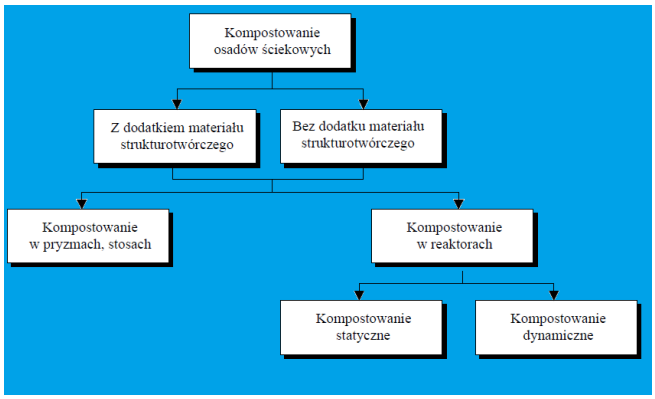
Kompostowanie osadów ściekowych - pozwala na uzyskanie produktu dojrzałego, zhumifikowanego, całkowicie stabilnego, o zapachu ziemi i luźnej strukturze

Rolnicze wykorzystanie osadów

Kompostowanie polega na przekształceniu osadu z konsystencji mazistej do postaci ziemistej. Substancje organiczne zawarte w kompoście pochodzącym z osadów ściekowych polepszają fizykochemiczne właściwości gleb, na których kompost jest stosowany. Obecność mikroorganizmów wzbogaca właściwości gleby, jej życie biologiczne. Zawarte w kompoście substancje takie jak azot, fosfor, potas są naturalnymi nawozami.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów



Rolnicze wykorzystanie osadów

Proces kompostowania zapewnia:

- stabilizację osadów,
- zniszczenie organizmów chorobotwórczych – wysoka temperatura procesu kompostowania,
- redukcję masy,
- redukcję uwodnienia.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów

Kompost można stosować jako:

- nawóz do produkcji ogrodniczej,
- nawóz wykorzystywany w zieleni miejskiej,
- materiał do rekultywacji zdegradowanych gleb,
- materiał wykorzystywany w gospodarce leśnej

Rolnicze wykorzystanie osadów

Wprowadzanie osadów do gleby

Istnieje wiele sposobów wprowadzania osadów do gruntów. Osad ziemisty można wprowadzać powierzchniowo lub wgłębnie.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów

Użyźnianie poziome (powierzchniowe) można stosować niezależnie od rzeźby terenu, wprowadzając osad do gleby na głębokość 0-30cm. Procedura ta uzasadniona jest w okresie późnej jesieni i zimy, gdyż w okresie letnim osady zbytnio wysychają, utrwalając tym samym swoją zwartą konsystencję.

Rolnicze wykorzystanie osadów

Wgłębne użyźnianie (wprowadzanie osadu na głębokość 25-60cm) jest uzasadnione na plantacjach drzew i krzewów. Wyodrębnić można użyźnianie wgłębne punktowe -zaprawianie dołków wykopanych podczas sadzenia drzew, płatowe - pod kępy drzew i krzewów i pasmowe - pod rzędy drzew i krzewów

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Rolnicze wykorzystanie osadów

Skutki

Pozytywnymi skutkami stosowania osadów ściekowych jest wzbogacenie gleby w substancje biogenne, takie jak azot i fosfor, redukcja pH gleby, jak również zmiana struktury glebowej. Wzbogacenie gleby w substancję organiczną powoduje wzrost zawartości substancji pokarmowych dla roślin i bakterii glebowych.

Rolnicze wykorzystanie osadów

Skutki

Osad bogaty jest w składniki mineralne i organiczne, a jego skład zbliżony jest do glebowej substancji organicznej, przez co uzasadnione jest jego stosowanie do celów przyrodniczych.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

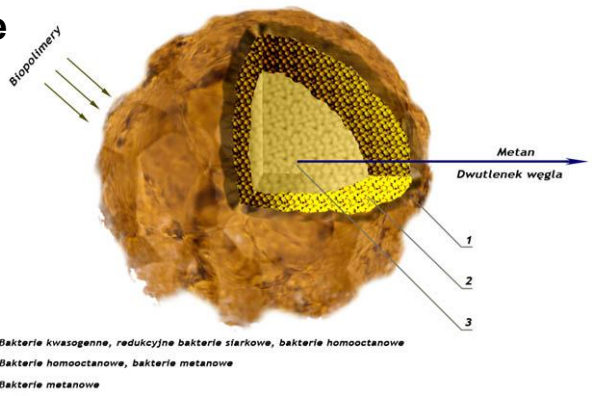
Rolnicze wykorzystanie osadów

Granulowane osady ściekowe

– paliwa

- wykorzystywane jako nawóz i/lub substancja polepszająca strukturę

Struktura granuli beztlenowego osadu



Rolnicze wykorzystanie osadów

Zmiana struktury gleby wpływa nie tylko na ułatwienie pracy przy uprawach, poprawia ona także przepuszczalność wodno powietrzną gleby oraz zwiększa retencję wodną. Poprawa zdolności do gromadzenia składników pokarmowych związana jest ze wzrostem pojemności kationowymiennej cząstek glebowych.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Skutki

Właściwości fizyczne gleb

-Rozkład granulometryczny

-Gęstość

-Porowatość

-Zwięzłość

-Plastyczność

Właściwości hydrofizyczne

-Krzywa retencji wodnej

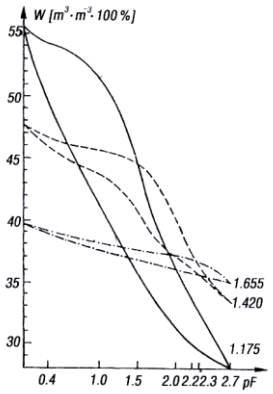
-Przewodnictwo wodne

Domieszki z przetworzonych osadów mogą powodować:

poprawę warunków wodno-powietrznych poprzez polepszenie właściwości fizycznych gleby

zwiększenie możliwości retencyjnych gleby

poprawę warunków do transportu roztworu glebowego



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dziękuję za uwagę

International Conference

AGROPHYSICS FOR QUALITY OF LIFE

Institute of Agrophysics PAN in Lublin

31.05-03.O6.2011

http://aql.ipan.lublin.pl

http://www.ipan.lublin.pl

http://zmmpa.ipan.lublin.pl

PRODUKCJA I WYKORZYSTANIE biogazu - przegląd nowoczesnych technologii

dr Dariusz Wiącek

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Produkcja i wykorzystanie biogazu - przegląd nowoczesnych technologii

dr Dariusz Wiącek

Lublin 11.05.2011

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

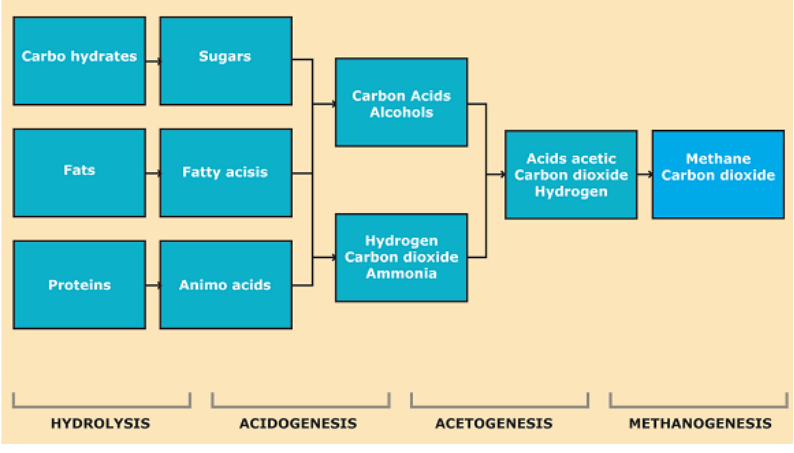
Biogaz – gaz wytwarzany przez mikroorganizmy z materii organicznej w czasie fermentacji beztlenowej, składający się głównie z metanu – CH_4, dwutlenku węgla – CO_2 oraz niewielkich ilości azotu, siarkowodoru i wodoru.

Składnik biogazu	Zawartość [%]
metan	50-75 %
dwutlenek węgla	25-45 %
siarkowodór	20 – 20 000 ppm
wodór	< 1 %
tlenek węgla	0 – 2 %
azot	< 2 %
tlen	< 2 %
inne	śladowe ilości

Źródła naturalne

- na dnie zbiorników wodnych (jeziora, oceany),
- w przewodach pokarmowych przeżuwaczy,
- na torfowiskach,
- w gnojowicy.

Główne etapy powstawania biogazu



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

1.Faza hydrolityczna

Rozkład złożonych związków materiału wyjściowego (węglowodany, białka, tłuszcze) na proste związki organiczne (aminokwasy, cukry, kwasy tłuszczowe). Bakterie uczestniczące w tym etapie uwalniają enzymy które powodują rozkład materiału wyjściowego na drodze

reakcji biochemicznych. Białka ulegają hydrolizie do aminokwasów, wielocukry do cukrów prostych, tłuszcze do alkoholi i kwasów tłuszczowych.

Węglowodany – rozpad w przeciągu kilku godzin,

Białka, tłuszcze – rozpad w przeciągu kilku dni,

Celuloza – niekompletny, powolny rozkład (miesiące)

$$C_6H_{10}O_4 + 2H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$$

2. Faza kwasogenna

Produkty pośrednie utworzone w procesie hydrolizy rozkładają się przy udziale bakterii

na kwasy tłuszczowe (mrówkowy, octowy, propionowy , masłowy, kapronowy), alkohole

(metanol, etanol), aldehydy oraz produkty gazowe - dwutlenek węgla i wodór.

Pozostała część przekształcana jest w octany.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2COOH + 2H_2O$$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

3. Faza octanogenna

Przekształcanie alkoholi i kwasów tłuszczowych do octanów oraz dwutlenku węgla i wodoru.

Wysoka zawartość wodoru szkodzi bakteriom octowym, dlatego muszą one współpracować z

bakteriami metanowymi które w ostatnim etapie zwanym „metanogenezą” podczas tworzenia

metanu zużywają wodór zapewniając odpowiednie warunki do życia bakterii octowych.

4. Faza metanogenna

Bakterie metanowe produkują metan. Około 75% metanu generowana jest z octanów lub alkoholi pozostała część powstaje w wyniku redukcji dwutlenku węgla wodorem.

$$2CH_3CH_2OH + 2CO_2 \rightarrow 2CH_3COOH + CH_4$$

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$

$$CH_3OH + H_2O \rightarrow CH4 + H_2O$$

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH4 + 2H_2O$$

Substrat	Produkcja biogazu [dm^3/kg]	Zawartość metanu [%]	Zawartość dwutlenku węgla [%]
Węglowodany	**790**	**50**	**50**
Tłuszcze	**1250**	**68**	**32**
Białka	**700**	**71**	**29**

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Parametry wpływające na przebieg fermentacji beztlenowej

Tlen

Temperatura

- bakterie psychrofilowe 10 – 25 ^oC,
- bakterie mezofilowe 32 – 38 ^oC,
- bakterie termofilowe 52 – 55 ^oC

pH

- bakterie hydrolizujące i kwasotwórcze 4,5 – 6,3
- bakterie octanogenne i metanogenne 6,8 – 7,5
- optymalny od 6,5 do 7,5

Składniki odżywcze

- odpowiedni stosunek C/N (10 - 30)
- pierwiastki śladowe (żelazo, nikiel, kobalt, selen, molibden)

Inhibitory

- zbyt duże stężenie substancji składowych substratu,
- antybiotyki, środki chwastobójcze, sole, metale ciężkie

Mieszanie

Źródła substratów do produkcji biogazu

- **odpady z przemysłu**
  - spożywczego,
  - mleczarskiego,
  - cukrowniczego,
  - mięsnego

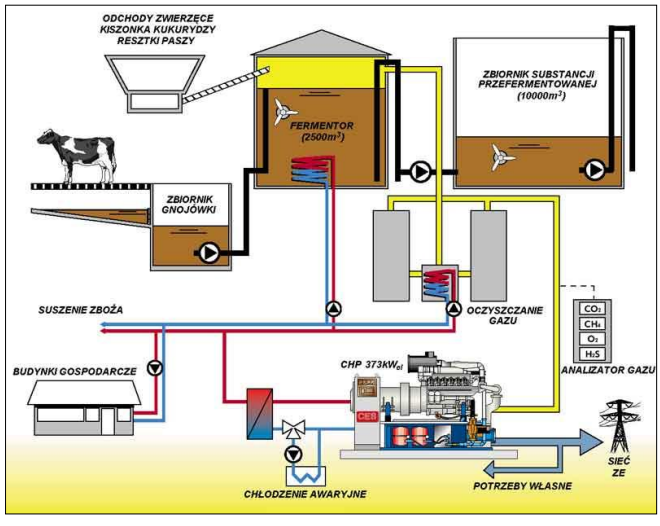
- **odpady rolnicze**
  - odchody zwierząt,
  - odpady z uprawy roślin,
  - ścinki trawy i odpady ogrodnicze,
  - resztki jedzenia,
  - uprawy energetyczne,

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Charakterystyka wybranych surowców pod kątem wykorzystania do produkcji biogazu

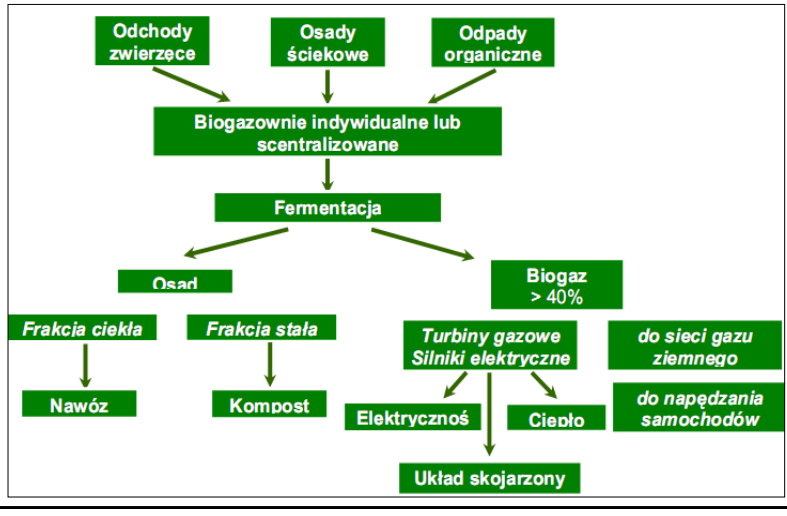
Nazwa substratu		Zawartość suchej masy w t substratu [% wsadu]	Zawartość suchej masy organicznej w zawartości suchej masy [% s. m. o.]	Produkcja metanu z 1t [m³/t s.m.o.]
Odpady z hodowli zwierzęcej	gnojowica bydlęca	9,5	77,4	222,5
	gnojowica świńska	6,6	76,1	301
	gnojowica kurza	15,1	75,6	320
	gnojowica krów mlecznych	8,5	85,5	154
	gnojówka	2,1	60	222,5
Odpady poubojowe	osady poflotacyjne z rzeźni	14,6	90,6	680
	zawartość żołądków (bydło)	15	84	264
	odseparowana tkanka	34,3	49,1	700
Rośliny energetyczne i odpady rolnicze	słoma	87,5	87	387,5
	trawa – kiszonka	40,3	83,4	396,6
	trawa	11,7	88	587,5
	siano	87,8	89,6	417,9
	ziemniaki – liście	25	79	587,5
	kukurydza – kiszonka	32,6	90,8	317,6
	bób – kiszonka	24,1	88,6	291
	rzepak – kiszonka	50,8	87,6	376,5
	burak pastewny	13,5	85	546,6
	buraki cukrowe	23	92,5	444
	cebula	12,9	94,8	360,3
Przetwórstwo spożywcze	odpady i resztki owoców	45	61,5	400
	odpady i pozostałości warzyw	13,6	80,2	370
	melasa	81,7	92,5	301,6
	wysłodziny browarnicze	20,5	81,2	545,1
	wywar pogorzelniany ziemniaczany	13,6	89,5	387,7
	gliceryna	84	91,5	1196
	odpady z produkcji oleju	78,8	97	600
	serwatka	5,4	86	383,3
	odpady z produkcji serów	79,3	94	610,2
	odpady piekarnicze	87,7	97,1	403,4
Odpady komunalne	odpady organiczne komunalne	60,3	55	396,8
	odpady kuchenne i przeterminowane artykuły żywnościowe	18,9	71,9	530
	ścinki roślin i trawy (zielone miejskie)	23,3	80,3	489,7

Schemat biogazowni



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Schemat ogólny pozyskiwania i zastosowania biogazu



Metody oczyszczania i wzbogacania biogazu

Absorpcja
Chemisorpcja
Adsorpcja
Separacja membranowa
Wykraplanie
Osuszanie
Desulfuryzacja
Dezodoryzacja

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Klasyfikacja metod wytwarzania biogazu

Kryterium	Cechy różnicujące
Liczba etapów procesu technologicznego	jednoetapowy dwuetapowy wieloetapowy
Temperatura procesu technologicznego	psychrofilowa mezofilowa termofilowa
Tryb napełniania	ciągły quasi-ciągły nieciągły
Zawartość substancji suchej	fermentacja mokra fermentacja sucha

Przykłady biogazowni (Niemcy, Austria)

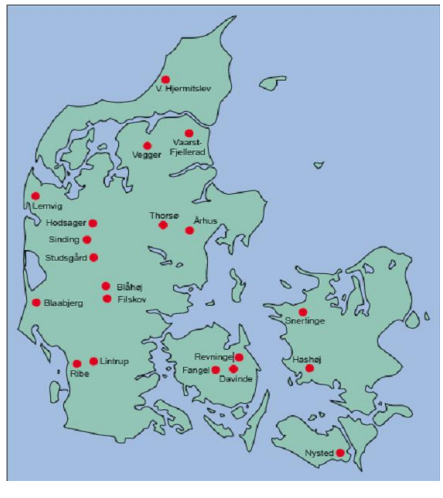
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Lokalizacja scentralizowanych biogazowni w Danii



Przykłady biogazowni w Polsce (Poldanor)

Pawłówek – 1,5 mln m^3/rok biogazu, 725 kW

Płaszczyca – 2,3 mln m^3/rok biogazu, 1,3 MW

Nacław – 2,3 mln m^3/rok biogazu, 1,3 MW

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Typowe przykłady zastosowania biogazu

- ✓ Produkcja energii elektrycznej w silnikach iskrowych lub specjalnych turbinach
- ✓ Produkcja energii cieplnej w przystosowanych kotłach gazowych
- ✓ Produkcja energii elektrycznej i cieplnej w jednostkach skojarzonych
- ✓ Wtłoczenie uzdatnionego biometanu do sieci gazowej
- ✓ Wykorzystanie biometanu jako paliwa w pojazdach samochodowych
- ✓ Wykorzystanie biogazu w procesch technologicznych, np. w produkcji metanolu

ALGI

biopaliwo trzeciej generacji

mgr Ewa Kwietniewska

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

ALGI

BIOPALIWO TRZECIEJ GENERACJI

mgr Ewa Kwietniewska

Lublin, 11.05.2011 r.

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym"

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

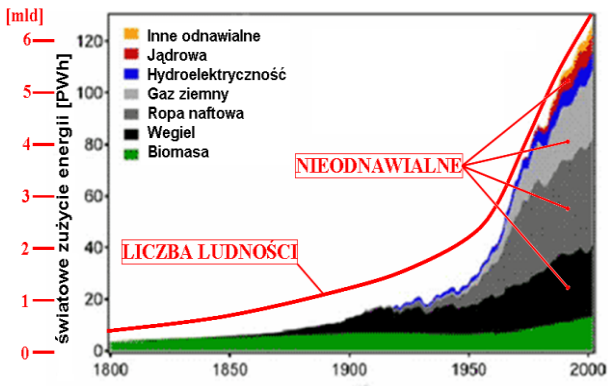
Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Ryc. 1. Światowe zużycie energii z podziałem ze względu na źródło energii (Odziemkowska i Matuszewska 2010)

Według Energy Information Administration od roku 2007 do 2035 światowe zużycie energii wzrośnie z 495 kwadrylionów Btu (British thermal units) do 739 Btu (**o 49%**)
(Odziemkowska i Matuszewska 2010)

Paliwa kopalne – biomasa poddana długotrwałemu metamorfizmowi

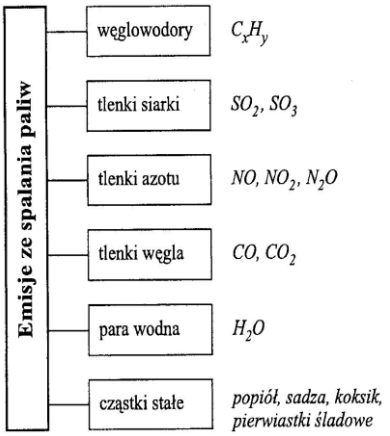
Zalety:

- ► póki co – szeroka dostępność i obfitość
- ► dopracowana technologia, niskie koszty
- ► pewność, bezpieczeństwo stosowania
- ► łatwy transport, magazynowanie
- ► akceptacja społeczna

Wady:

- ► wysoki poziom emisji CO_2 oraz innych zanieczyszczeń
- ► duże straty energii
- ► nieodnawialność
- ► podatność na niestabilność polityczną

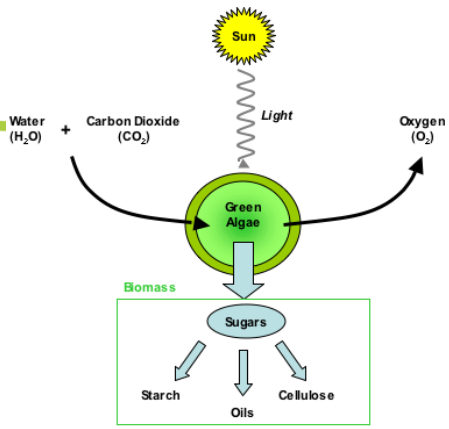
(Lorenz 2005)



Ryc. 2. Substancje pochodzące ze spalania paliw konwencjonalnych (Lorenz 2005)

Źródła paliw alternatywnych:

- Wiatr
- Słońce
- Woda
- Energia geotermalna
- **Biomasa** – bezpośrednie wykorzystanie energii gromadzonej przez rośliny



Ryc. 3. Fotosynteza (Internet [1])

Zalety:

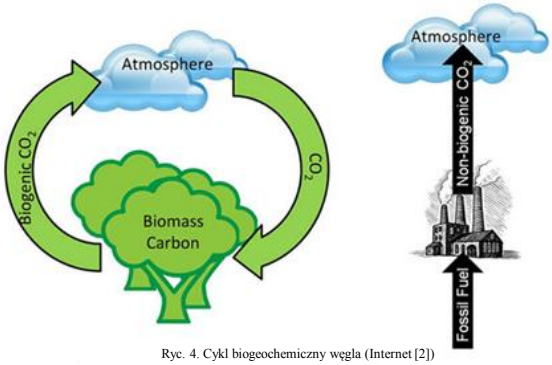
- ►odnawialność
- ►zredukowana emisja zanieczyszczeń
- ►obojętne dla środowiska
- ►niezależność polityczna

Wady:

- ►niedopracowana technologia
- ►wysokie koszty
- ►nieciągłe zasoby, zależność od pogody
- ►brak pełnej akceptacji społecznej

(Lorenz 2005)

Wykorzystywanie paliw kopalnych opiera się na otwartym cyklu biogeochemicznym węgla



Ryc. 4. Cykl biogeochemiczny węgla (Internet [2])

Wykorzystywanie biomasy opiera się na zamkniętym cyklu biogeochemicznym węgla

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

BIOPALIWA - Duża ilość biomasy o jak największej zawartości wysokokalorycznych substancji

• **Biopaliwa pierwszej generacji** – pozyskiwane z części jadalnych roślin, ze skrobi, oleju jadalnego – uprawy na cele energetyczne zagrażają uprawom na cele żywieniowe i paszowe

• **Biopaliwa drugiej generacji** – pozyskiwane z odpadowych części roślin (celuloza) lub zwierząt (np. tłuszcz) – ubożenie gleby

• Biopaliwa trzeciej generacji – **HODOWLE ALGOWE – przyjazne, bezpieczne, wydajne**
(Tanner 2009)

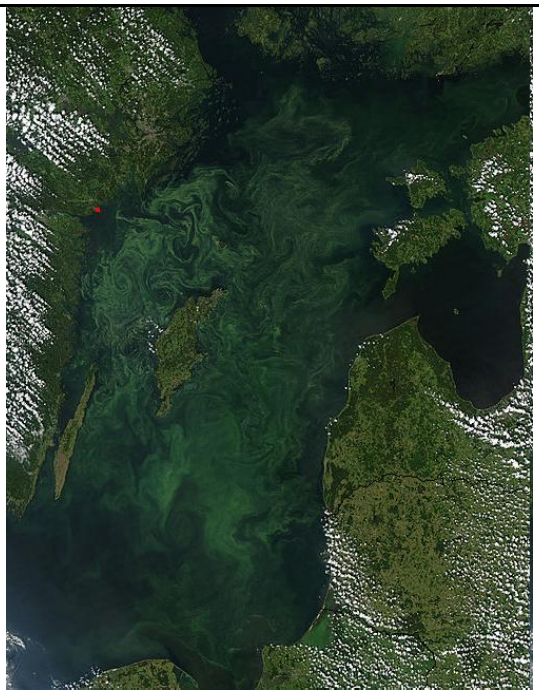
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

ALGI – polifiletyczna grupa najprostszych organizmów **samożywnych**

Fot. 1. *Anabaena sp.* (Internet [3])

- eukariotyczne i prokariotyczne (sinice)
- jednokomórkowe, kolonijne, wielokomórkowe – niewyspecjalizowana plecha
- wielkość od 1 μm do kilkudziesięciu metrów
- różne barwniki w zależności od głębokości

Fot. 2. Zakwit glonowy. Internet [4]



Fot. 3, Fot. 4. Zakwit sinicowy w Morzu Bałtyckim. Internet [5, 6].

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

ROŚLINY ENERGETYCZNE

► niska sprawność fotosyntezy (ok. 1%)

►stosunkowo powolny wzrost

► plon 1 – 2 razy roku

► wykorzystują energię na skomplikowane procesy fizjologiczne, rozmnażanie, budowę korzeni itp.

► cenne materiały zapasowe znajdują się tylko w niektórych organach rośliny

► wysokie wykorzystanie ziemi uprawnej, wody

ALGI

►wysoka sprawność fotosyntezy (ok. 5%)

► szybki przyrost biomasy

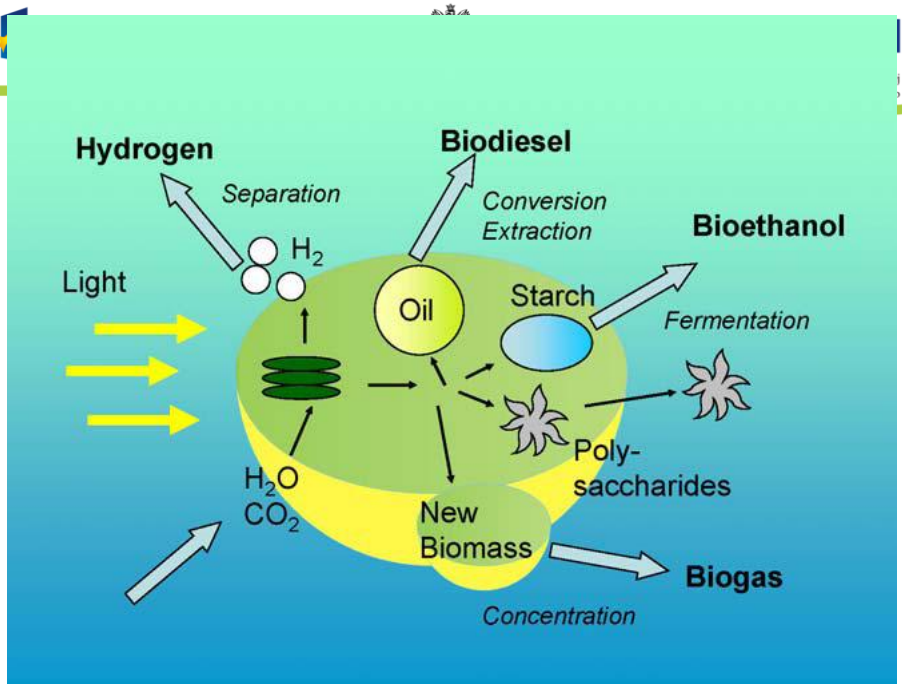
► zbiory możliwe praktycznie codziennie

► nie wytwarzają owoców, korzeni, rozmnażanie głównie przez podział, brak stadium embrionalnego

► każda komórka gromadzi materiały zapasowe, często w postaci tłuszczów

► możliwość wykorzystania do hodowli np. ścieków i gazów spalinowych

► możliwa uprawa „kompaktowa” na terenach nie użytkowanych przez człowieka



Ryc. 5. Możliwe kierunki wykorzystania glonów (Posten i Schaub 2009).

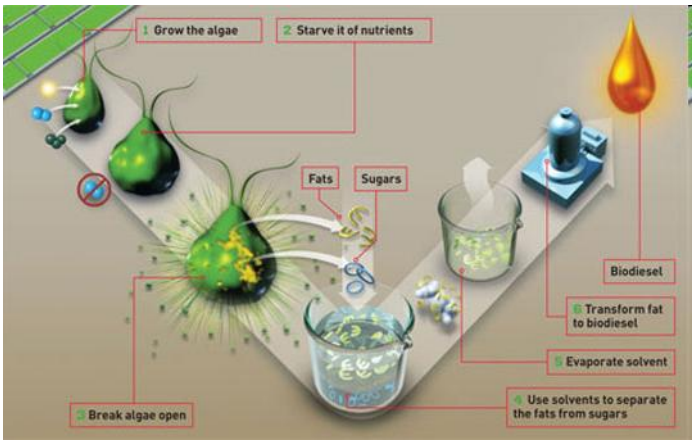
KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Uprawa	Biodiesel (L/ha/rok)	Obszar potrzebny do zaspokojenia światowego zapotrzebowania na olej napędowy (ha x 10^6)	Potrzebny obszar wyrażony w procentach lądu całkowitego (%)	Potrzebny obszar wyrażony w procentach lądu uprawnego (%)
Bawełna	325	15002	100,7	756,9
Soja	446	10932	73,4	551,6
Gorczyca	572	8524	57,2	430,1
Słonecznik	952	5121	34,4	258,4
Rzepak	1190	4097	27,5	206,7
Jatrofa	1892	2577	17,3	130 (0^a)
Palma	5950	819	5,5	41,3
Algi (10 g m^{-2} $dzień^{-1}$, 30% TAG)	**12000**	**406**	**2,7**	**20,5 (0^a)**
Algi (50 g m^{-2} $dzień^{-1}$, 50% TAG)	**98500**	**49**	**0,3**	**2,5 (0^a)**

Tab. 1. Porównanie produktywności różnych roślin i mikroalg (Tanner 2009)

Historia wykorzystania glonów:

► Od 2000 lat są składnikiem diety ludzi (szczególnie w Azji) i zwierząt, ze względu na bogaty i korzystny skład – NNKT, antyoksydanty, wartościowe białko
► Pierwszą aktywną substancję wyekstrahowano w czasie II wojny światowej – chlorelinę
► W latach ’50 – ’60 opracowano systemy oczyszczania wody za pomocą glonów, a także pojawiły się pomysły, aby wykorzystać glony w kosmosie!
► Za pioniera myśli energetycznej jest uważany **Arthur D. Little**, który stworzył pierwsze półprzemysłowe hodowle
► Kryzys paliwowy w latach ’70 zwiększył zainteresowanie biopaliwami algowymi – powstał program DOE – **ASP** – NREL w USA, który stworzył solidne podstawy wiedzy o glonach, jednak został zamknięty ze względu na nieopłacalność
► Podobny program powstał w Japonii (**NEDO – RITE**) w latach ‘90, również został zamknięty i okrzyknięty kompletną porażką
► Obecnie najszerzej glony wykorzystywane są w kosmetyce, farmacji, biotechnologii i w oczyszczaniu wody, jednak ze względu na wysokie ceny paliw, powraca się do pomysłu ich energetycznego wykorzystania

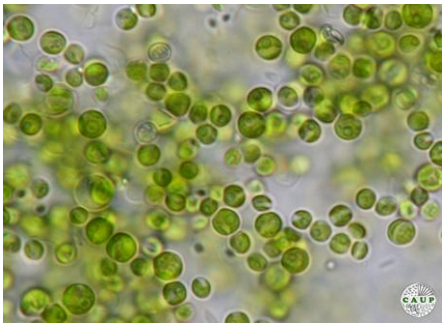


Ryc. 6. Etapy produkcji biodiesel’a. (Internet [7])

Etapy produkcji biopaliwa algowego:

1. Wybór gatunku
2. Hodowla
3. Zbiór
4. Przekształcenie na dane paliwo

(Oilgae Report 2009)

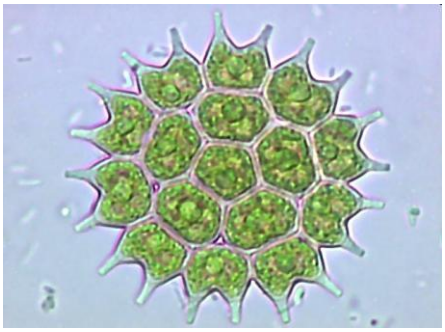


Fot. 5. *Chlorella vulgaris* (Internet [8])

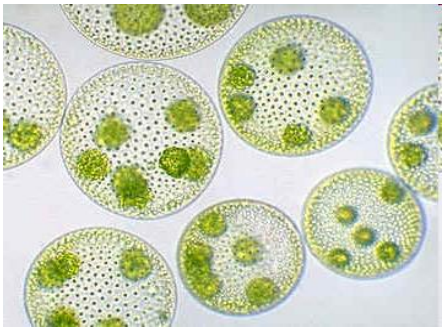
Fot. 6. *Ceratium pentagonum* (Internet [9])

Fot. 7. *Bacillariophyta* (Internet [10])

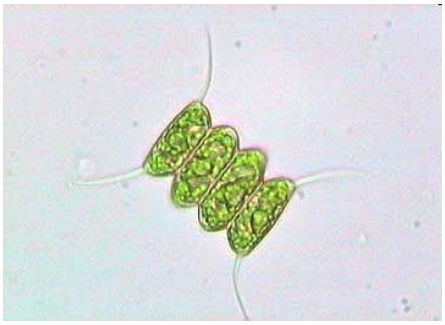
Fot. 8. *Prymnesium sp.* (Internet [11])



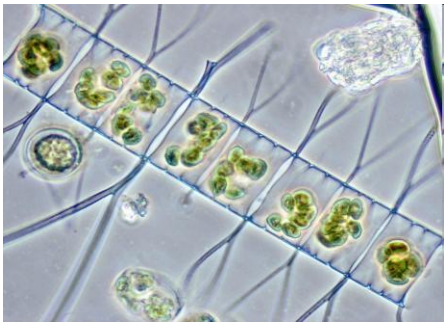
Fot. 9. *Pediastrum borianum* (Internet [12])



Fot. 10. *Volvox sp.* (Internet [13])

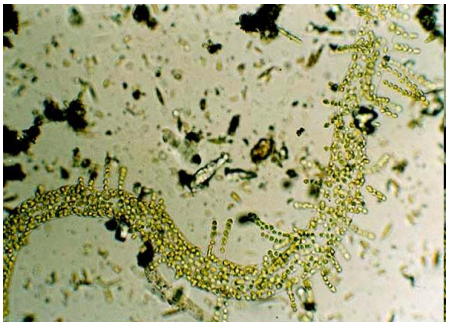


Fot. 11. *Scenedesmus quadricauda* (Internet [14])

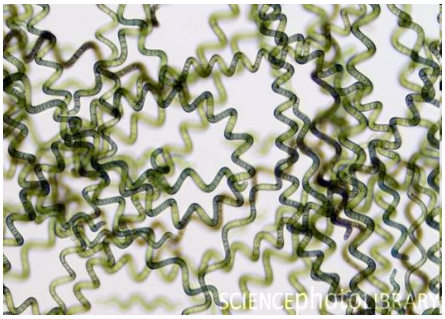


Fot. 12. *Chaetoceros decipiens* (Internet [15])

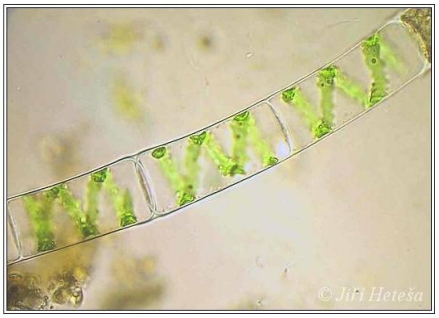
Fot. 13. *Synura uvella* (Internet [16])



Fot. 14. *Hydrurus foetidus* (Internet [17])



Fot. 15. *Arthrospira platensis* (Internet [18])



Fot. 16. *Spirogyra sp.* (Internet [19])

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Fot. 17. *Fucus vesiculosus* (morszczyn pęcherzykowaty). (Internet [20])

Fot. 18. *Laminaria sp. (listownica)* (Internet [21])

Makroalgi produkują niewielkie ilości tłuszczów, są to głównie fosfolipidy budujące błonę komórkową

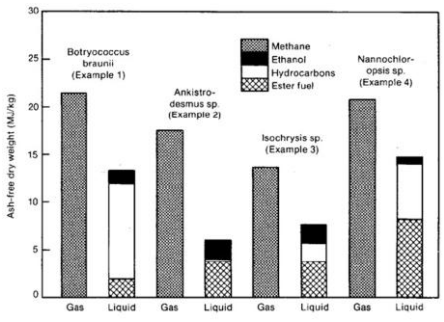
Nie opracowano efektywnej metody hodowli – zbiera się dzikie okazy

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

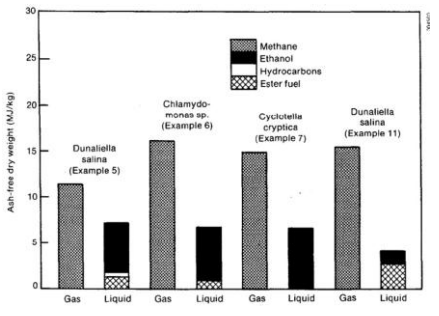
Kryteria wyboru odpowiedniego gatunku do hodowli:

- ► wybór typu paliwa, jakie chcemy produkować
- ► określenie interesującego nas składu chemicznego komórek
- ► analiza lokalnych warunków klimatycznych, terenu i możliwych sposobów hodowli
- ► wybór gatunku z uwzględnieniem cech:

  - ► budowa i rozmiar komórek
  - ► szybkie tempo wzrostu
  - ► wysoka zawartość tłuszczu bądź węglowodanów
  - ► zapotrzebowanie na składniki odżywcze
  - ► szeroka tolerancja ekologiczna (na pH, temperaturę, światło, tlen, zasolenie)
  - ► zachowanie w kulturze o dużym zagęszczeniu – występowanie substancji autoinhibitujących
  - ► odporność na patogeny
  - ► agresywna natura
  - ► wytrzymałość na stres mechaniczny
  - ► odporność na zanieczyszczenia
  - ► zdolność samoistnej flokulacji



Ryc. 7. Wydajność gatunków o wysokiej zaw. tłuszczu (Feinberg 1984)

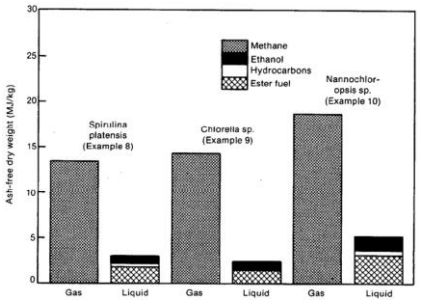


Ryc. 8. Wydajność gatunków o wysokiej zaw. węglowodanów (Feinberg 1984)

► glony o wysokiej zawartości tłuszczu w komórce są odpowiednie do produkcji **metanu** i **biodiesel'a**

► glony o wysokiej zawartości węglowodanów umożliwiają produkcję **bioetanolu**

► glony o wysokiej zawartości białka są najmniej wydajnym źródłem biomasy



Ryc. 9. Wydajność gatunków o wysokiej zaw. białek (Feinberg 1984)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Gatunki	**Tłuszcze (%)**
Scenedesmus obliquus	11-55
Dunaliella tertiolecta	16-71
Neochloris oleoabundans	29-65
Botryococcus braunii	25-75
Tetraselmis chui	40-45
Chaetoceros muelleri	34
Phaeodactylum tricornutum	18-57

Zazwyczaj tak wysoką produkcję tłuszczów trzeba sztucznie zaindukować, wprowadzając **stres**:

- Niedobór N
- Wysokie natężenie światła
- Duże zasolenie

Gatunki	**Węglowodany (%)**
Scenedesmus dimorphus	21-52
Spirogyra sp.	33-64
Euglena gracilis	14-18
Prymnesium parvum	25-33
Porphyridium cruentum	40-57
Anabaena cylindrica	25-30

Fot. 19. Stawy otwarte. Internet [22].

METODY HODOWLI:

- Stawy otwarte

Fot. 20. Stawy otwarte. Internet [23].

Fot. 21. Stawy firmy Cyanotech. Internet [24].

Fot. 22. Fotobioreaktor rubularny. Internet [25].

Fot. 23. Fotobioreaktor. Internet [26].

Fot. 24. Fotobioreaktor panelowy. Internet [27].

Fotobioreaktory

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Oprócz podziału metod hodowli na otwarte i zamknięte, można je podzielić na:

► nieciągłe – po wyrośnięciu kultury całkowicie się ją wybiera i przygotowuje nową;

►metoda jest szeroko stosowana ze względu na prostotę i elastyczność – można łatwo zmienić gatunek i naprawić wszelkie błędy;

►wady: trzeba dokładnie wiedzieć kiedy zebrać kulturę oraz istnieje wysokie prawdopodobieństwo zakażenia w początkowej fazie

► półciągłe – okresowo wybiera się część kultury i ciągle dodaje nowej pożywki

► bardziej efektywna metoda

► jednak patogeny w końcu się namnożą i trzeba wtedy zaczynać od początku

(Oilgae Report 2009)

Parametry hodowli:

► *światło* – najlepiej naturalne, intensywność zależy od gatunku, gęstości hodowli, głębokości na jaką musi przeniknąć światło; zbyt silne spowoduje fotoinhibicję

►*fotoperiod* – muszą być zachowane okresy światła i ciemności; testuje się np. światło pulsacyjne

► *pożywka* – ogólnie przyjęta formuła wg Grobbelaar CO0,48H1,83 N0,11P0,01 (1,8 kg CO_2 na 1 kg biomasy); jednak dąży się do korzystania z wody zanieczyszczonej, najlepiej morskiej i gazów spalinowych;

► *temperatura* – najczęściej 20 – 30 °C, <16 °C powoduje spowolnienie wzrostu, >35 °C jest zazwyczaj letalna

► *pH* – dla większości gatunków optymalne pH wynosi od 7 do 9

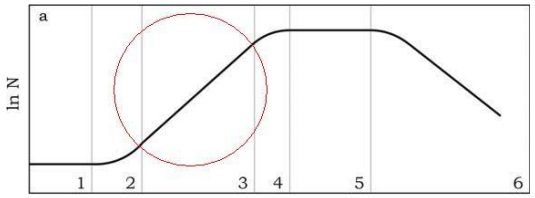
► *mieszanie* – bardzo ważny czynnik zapobiegający sedymentacji, utrzymujący jednakowe warunki w całym zbiorniku hodowlanym (Oilgae Report 2009, Frąc i in. 2009)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zmiany zachodzące w trakcie hodowli:

► charakterystyczna kinetyka wzrostu – zagęszczanie się hodowli
► sedymentacja
► coraz mniejsza dostępność światła
► ubywanie składników odżywczych, w tym CO_2
► wprowadzanie do pożywki produktów przemiany materii
► wytwarzanie dużych ilości tlenu
► podwyższanie pH
► możliwość zakażenia patogenem lub wprowadzenia konkurencyjnego gatunku

Sukces hodowli leży w ciągłym utrzymywaniu hodowli w fazie wzrostu logarytmicznego (3)



Ryc. 10. Kinetyka wzrostu glonów (Barsanti i Gualtieri 2006)

Fot. 25. Fotobioreaktor laboratoryjny w IAPAN.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Typ reaktora	Mieszanie	Wykorzystanie światła	Kontrola temperatury	Transport gazów	Stres hydrodynamiczny	Kontrola gatunku	Sterylność	Zwiększanie rozmiarów
Płytkie stawy niemieszane	Bardzo słabe	Słabe	Żadna	Słaby	Bardzo mały	Trudna	Żadna	Bardzo trudne
Tor z kołem łopatkowym	Wystarczające	Wystarczające	Żadna	Słaby	Mały	Trudna	Żadna	Bardzo trudne
Zbiornik mieszany	Genealnie jednorodne	Wystarczające	Doskonała	Niski/wysoki	Duży	Łatwa	Łatwo osiągalna	Trudne
Podniesiony reaktor	Genealnie jednorodne	Dobre	Doskonała	Wysoki	Mały	Łatwa	Łatwo osiągalna	Trudne
Kultura w torebkach	Różne	Wystarczające	Dobra (wewnątrz)	Niski/wysoki	Mały	Łatwa	Łatwo osiągalna	Trudne
Płaskie panele	Jednorodne	Doskonałe	Doskonała	Wysoki	Duży/mały	Łatwa	Osiągalna	Trudne
Rurowy	Jednorodne	Doskonałe	Doskonała	Niski/wysoki	Duży/mały	Łatwa	Osiągalna	Możliwe

Tab. 2. Cechy różnych typów fotobioreaktorów (Oilgae Report 2009)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zbiór (separacja)

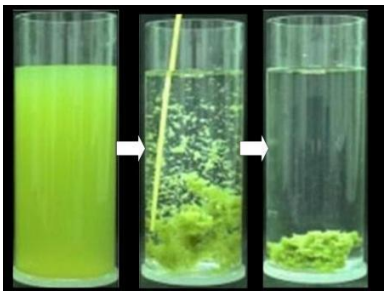
Jednym z największych problemów podczas całego procesu produkcji paliwa algowego jest zbiór, czyli separacja komórek z pożywki. Proces ten jest najkosztowniejszy pod względem energetycznym oraz ekonomicznym.

Szczególne cechy zbioru:

► separacja z płynnej pożywki
► znaczne rozcieńczenie hodowli (0,02 % w stawach otwartych do 0,5% w bioreaktorach rurowych – co oznacza 1 tonę suchej masy alg na 200 – 5000 m^3 pożywki) (van Iersel 2009)
► rozmiar komórek
► zbiór możliwy nawet codziennie
(Oilgae Report 2009)

Metody zbioru:

► *Filtracja* – tania jednak trudna metoda ze względu na mikroskopijne rozmiary komórek (5 – 10 µm), najczęściej używa się mikrosit, filtrów tarczowych lub bębnowych, do których mogą być podłączone np. pompy próżniowe lub prasy



Fot. 26. Flokulacja (Internet [28]).

► *Sedymentacja* – tani i skuteczny sposób dla glonów o komórkach ciężkich i nieruchliwych (np. okrzemki), jednak do tego trzeba przerwać mieszanie niezbędne w każdej hodowli, warto zastosować zbiorniki sedymentacyjne o pochylonych ścianach

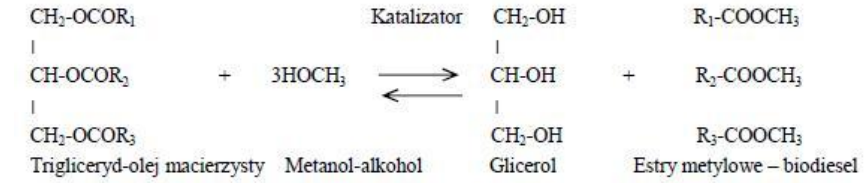
► *Flokulacja* – zlepianie się komórek pod wpływem chemicznych flokulantów (np. ałun, chlorek żelaza, woda wapienna) lub ***autoflokulacja*** zachodząca pod wpływem niedoboru CO_2, wysokiego pH i odpowiedniej zawartości ortofosforanów i wapnia (Sukenik i Shelef 1984)

► *Wirowanie* – skuteczna ale najdroższa metoda separacji

► *Flotacja* – opiera się na różnicy powinowactwa powierzchni rozdzielanych ciał do pęcherzyków gazu – komórki osiadają na pęcherzykach (Oilgae Report 2009)

Dalsze procesy polegające na przekształceniu biomasy algowej na różne rodzaje paliw opierają się na dobrze znanych metodach stosowanych do biomasy roślinnej

Transestryfikacja – minusy – biomasę należy wysuszyć i wyekstrahować olej – co łączy się z użyciem dodatkowej energii

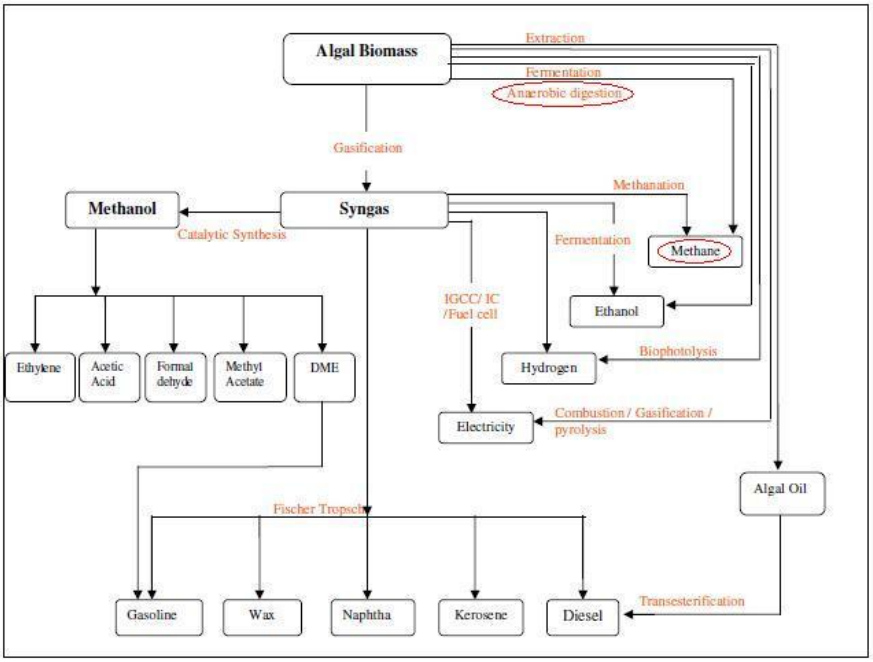


Ryc. 11. Transestryfikacja (Frąc i in. 2009)

Fermentacja metanowa $2[CH_2O] + H_2O \rightarrow CO_2 + CH_4$

Fermentacja alkoholowa $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$

Fot. 27. Fermentor laboratoryjny w IAPAN.



Ryc. 12. Drogi przemiany biomasy algowej (Oilgae Report 2009).

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Hodowle algowe są wciąż ekonomicznie nieopłacalne, dlatego też należy podjąć jeszcze wiele kroków i badań, aby urzeczywistnić obiecujące wizje:

► przede wszystkim należy wykorzystać wszystkie składniki biomasy – nie tylko na cele energetyczne, ale też na żywność, paszę czy cenne substancje aktywne
► należy zwiększyć zawartość najcenniejszych substancji w komórce
► zwiększyć tempo przyrostu biomasy
► zwiększyć efektywność fotosyntezy, zapobiec fotoinhibicji i fotooksydacji
► rozszerzyć tolerancję ekologiczną organizmów

Ponadto, wiele jest do zrobienia w kwestii projektowania fotobioreaktorów. Szczególnie ważne problemy do rozwiązania to m.in.:

► dostosowanie intensywności mieszania, tak aby każda komórka przebywała odpowiedni czas na świetle i w ciemnej części fotobioreaktora
► jednocześnie ważne, aby dostosować mieszanie tak, żeby nie uszkodzić komórek
► problem stanowi także osadzanie się komórek na ściankach fotobioreaktorów, co skutkuje nie docieraniem światła do głębszych części urządzenia (Christi 2007, Wijffels 2010)

Zalety hodowli algowych:

- hodowla „kompaktowa”
- hodowla może być prowadzona na obszarach nieużytkowanych przez człowieka
- bardzo szybki wzrost
- dobroczynny wpływ na środowisko przyrodnicze
- szerokie możliwości wykorzystania
- paliwo czyste i biodegradowalne

Wady hodowli algowych:

- trudność w utrzymaniu silnej monokultury
- energochłonne procesy separacji (zbioru) i suszenia
- konieczność budowy kosztownych urządzeń
- wciąż ekonomicznie nieopłacalne

Dziękuję za uwagę

TERMOCYCLE

zamiana ciepła z gazów i/lub cieczy w zieloną energię

Jaap Brouwer

Termocycle

Transferring polluting waste heat into green money!

Termocycle

Misja

Zamiana ciepła z gazów i/lub cieczy w zieloną energię.

Korzyści

- Redukcja/eliminacja kosztów energii elektrycznej
- Redukcja emisji CO2
- Redukcja globalnego ocieplenia
- Możliwość generowania dodatkowych dochodów ze sprzedaży nadwyżek wyprodukowanej energii elektrycznej do sieci

Produkty

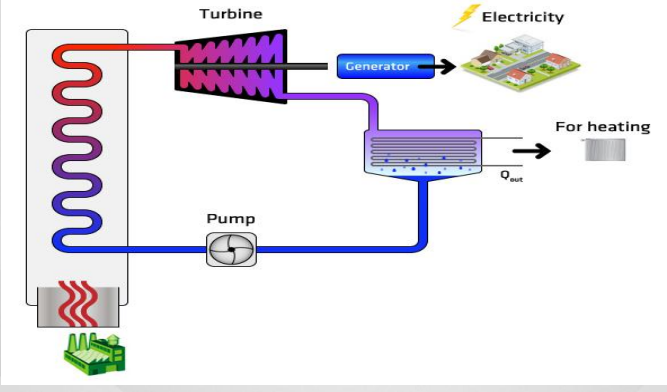
Jednostki do wytwarzania energii elektrycznej o pojemności od 10 Kw/h do 5 Mw/h

W zależności od przepływu oraz temperatury wlotowej (pomiędzy 80° C – 500° C.)

Term cycle

Jak przebiega proces?

Jest to zamknięty proces podobny do cyklu konwencjonalnej turbiny parowej, z wyjątkiem płynu napędzającego turbinę. Korzystamy z przyjaznego dla środowiska, organicznego płynu, który ma niską temperaturę wrzenia. Przykładowymi płynami są: Honeywell R245 FA or R134



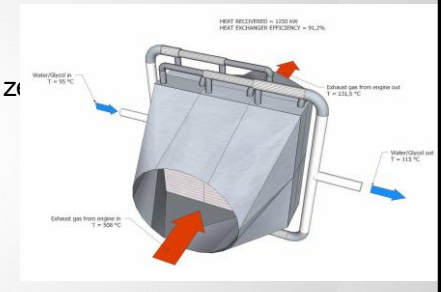
Term cycle

Proces

1. Nadmiarowe ciepło z gazów lub cieczy nagrzewa płyn R245 (R134 o niższej temperaturze wrzenia około 80ºC, R245 90ºC – 120ºC).
2. Płyn odparowuje i rozszerza się w turbinie.
3. Turbina wytwarza energię mechaniczną wykorzystywaną dalej do produkcji energii elektrycznej przez generator.
4. Pracujący płyn zostaje schłodzony i skroplony.
5. Dzięki zastosowaniu pompy cały proces rozpoczyna się na nowo.

Jak połączyć źródło ciepła z jednostką?

- Źródła ciepła pod postacią gazu lub cieczy NIE MAJĄ bezpośredniego kontaktu z pracującym płynem.
- W przypadku ciepła pozyskiwanego z źródła mieszaniny gazowej system wymaga przejściowego wymiennika ciepła (gaz- ciecz).
- Na przykład spaliny z silników na biomasę mają temperaturę spalin wchodzących na wymiennik na poziomie 500° C, wyjściowa temperatura tych gazów za wymiennikiem ma 130,5° C i nagrzewa pracujący płyn do zakresu od 95° C ÷ 115° .



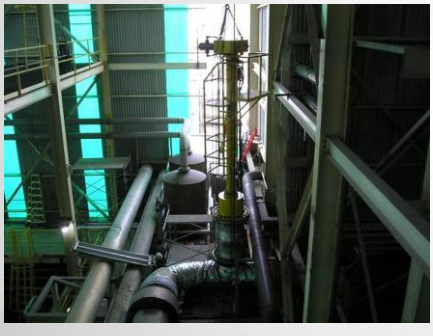
Termocycle

Przykładowe źródła ciepła dla Termocycle

- Rury wydechowe silników na gaz
- Rury wydechowe silników na biogaz
- Rury wydechowe turbin gazowych
- Spaliny silnikowe
- Łączniki ciepła z mocą
- Kominy przemysłowe
- Gorące ciecze
- Źródła geotermalne

Typowe zastosowania Termocycle dla gazowych źródeł ciepła

Typowe zastosowania Termocycle dla ciekłych źródeł ciepła



Segmenty rynku

- Elektrownie
- Instalacje Biomasy
- Przemysł metalowy
- Przemysł cementowy
- Przemysł szklarski
- Przemysł ceramiczny
- Przemysł papierniczy
- Nie metalowe piece
- Rafinerie
- Rolnictwo – szklarnie
- Przetwórstwo spożywcze
- Rozwiązania geotermiczne
- Wypoczynek – pływalnie
- Miejsca które nie mają infrastruktury prądowej (starki morskie)

Zastosowanie Podsumowanie

Jednostki Termocycle mogą być stosowane w każdej sytuacji, gdzie jest wystarczający przepływ substancji gazowych lub ciekłych o temperaturze minimalnej od 80° C.

Można generować zrównoważoną zieloną energię na własny użytek i/lub można odprzedać dla sieci elektrycznej

Jednostki Termocycle mogą być montowane wewnątrz budynków oraz na zewnątrz.

Termocycle

Korzyści

- Znaczne oszczędności lub nawet eliminacja kosztów energii elektrycznej
- Automatyzacja i powtarzalność procesu (nie zawsze świeci słońce, nie zawsze wieje wiatr)
- Urządzenia nie wymagają operatora
- Nie wymaga inwestycji w nieruchomości
- Brak kosztów w rozwiązania paliwowe
- Długi czas pracy urządzeń (>20lat)
- W porównaniu z panelami fotowoltanicznymi i wiatrem nie są zależne od pogody i burze nie są dla nich zagrożeniem
- Łatwa procedura uruchomienia
- System wysoko efektywny
- Inwestycja ze zwrotem na poziomie około 20% co daje krótki czas zwrotu, nawet bez dodatkowych dotacji
- Inwestycja w odzysk ciepła oraz redukcja CO2 budują pozytywny obraz przedsiębiorstwa
- Możliwość dodatkowego przychodu poprzez sprzedaż energii elektrycznej do sieci

Termocycle

Produkty

Produkty są związane z przepływem ciepła i możliwościami generatora.

TC 10 o pojemności od 10 Kw/h
TC 50 o pojemności od 50 Kw/h
TC 250 o pojemności od 250 Kw/h
Rysunki przedstawiają modele TC10 i TC250

Oprócz wyżej wymienionej standardowych systemów, posiadamy również rozwiązania dostosowane do aż do 5 MW / h

Szczegółowe specyfikacje produktu są dostępne na życzenie

Połączenia mechaniczne

Tabela poniżej przedstawia mechaniczne, bezpośrednie połączenia do Termocycle

TECHNICZNE POŁĄCZENIA	TYP POŁĄCZEŃ W JEDNOSTCE	
Wlot sprzężonego gazu	½" FNPT	
Parownik	Niskotemperaturowe rozwiązania (90°C-107°C)	Wysokotemperaturowe rozwiązania (107°C-149°C)
Wlot źródła ciepła	6 in. (15,24 cm) – 150lb (68 kg)	6 in. (15,24 cm) – 150 lb (68 kg)
Wylot źródła ciepła	6 in. (15,24 cm) – 150lb (68 kg)	6 in. ()15,24 cm – 150lb (68 kg)
Ciśnieniowy zawór bezpieczeństwa	2 x 1,5 FNPT	
Skraplacz		
Wlot płynu chłodzącego	10 in. (26 cm) – 150lb (68 kg)	
Wylot płynu chłodzącego	10 in. (26 cm) – 150lb (68 kg)	
Ciśnieniowe zawory bezpieczeństwa	2 x 1,5 FNPT	

System kontroli źródła ciepła

- Nieprzerwana kontrola przepływu
- Konstrukcja systemu umożliwiająca serwisowanie i naprawę awarii, tak aby zakład mógł funkcjonować bezproblemowo
- Klient opowiada za dostarczenie odpowiedniego ciśnienia, tak aby zapobiegać niepożądanym sytuacjom
- Ochrona systemu przed uderzeniami hydraulicznymi (water hammer), w przypadku nagłego wyłączenia systemu Termocycle zawór kontrolujący wyłączy się na kilka sekund
- System Termocycle przystosowany do nadmiarowego przepływu podczas włączania i wyłączania
- Wyjściowa temperatura cieczy nie jest bezpośrednio kontrolowana przez Termocycle w tym celu należy kontrolować pozostałe parametry
- Połączenie kaskadowe jednostek Termocycle

Orurowanie źródła ciepła

Aby dostarczyć źródło ciepła do parownika należy spełnić następujące kryteria:

- Analiza chemiczna wody źródłowej,
  - w poszukiwaniu potencjalnych czynników korodujących
- Zarządzanie jakością wody (kontrola temp., analiza chemiczna),
  - aby nie osadzał się w instalacji osad, który spowoduje spadek wydajności i straty
- Instalacja ciśnieniowego zaworu bezpieczeństwa na orurowaniu parownika
- Izolacja gorącego orurowania,
  - aby chronić personel i zapobiec utracie ciepła
- Dostęp do orurowania w celu rutynowego czyszczenia i serwisowania

Orurowanie płynu chłodzącego

Aby dostarczyć płyn chłodzący do skraplacza należy spełnić następujące kryteria:

- Wewnętrzny czujnik potwierdzający obecność płynu chłodzącego
- Utrata płynu chłodzącego spowoduje natychmiastowe wyłączenie systemu, zatrzymuje przepływ źródła ciepła
- Płyn chłodzący może zostać odłączony po 5 minutach od wyłączenia wszystkich systemów

Termocycle

Podsumowanie
Warunki zapewniane przez klienta

- 480-volt, 3 fazowa, 600 amp obsługa techniczna
- Dedykowane szerokopasmowe o dużej szybkości połączenie z unikatowym statycznym adresem IP.
- Orurowanie i dostęp do źródła ciepła
- Orurownie i dostęp do źródła chłodzenia
- Skompresowane powietrze do zaworów
- Zapasowe wyjście 230v dla narzędzi serwisowych i wyposażenia
- Przewód linii Ethernet do lokalnego monitorowania systemu
- Orurowanie i wsparcie dla rozładowania zaworów bezpieczeństwa
- Linia telefoniczna (opcjonalnie) do komunikacji z personelem technicznym
- Oświetlenie (opcjonalne)

F.A.Q.

1) Jakie są ceny standardowych jednostek Termocycle **?**

Cena jednostki + cena instalacji urządzeń + cena przystosowania

TC 10 45.000 Euro netto
TC 50 149.000 Euro netto
TC 250 450.000 Euro netto
(Cena nie uwzględnia dotacji)

2) Jak dużo można zaoszczędzić lub zarobić?

Oblicz ile zużywasz energii w Kw/h i jej koszt, aby powiązać zużycie z jednostką Termocycle odpowiedniej wydajności. Przykładowo jeżeli koszt energii za Kw/h wynosi 0,10 Euro netto wtedy mnożymy przez 8.760 (8.760=24h x 365dni)

219.000 Euro dla TC 250 rocznie
43.800 Euro dla TC 50 ,,
8.760 Euro dla TC 10 ,,

Istnieje również możliwość odsprzedaży nadwyżki energii do sieci elektrycznej.

F.A.Q.

3) Ile energii mogę generować z mojego ciepła?

Ilość ciepła odpadowego po postacią gazu: Btu/h podzielić przez 35,000 Btu. Na przykład:

Całkowita ilość ciepła odpadowego 8,750,000 Btu / 35,000 Btu = 250 kWe / h (1KW= 3.410 BTU)

= z wielkości posiadanego ciepła uzyskujemy około 10 % kW/h

W przypadku cieczy bierzemy przepływ cieczy i obliczamy 15 L/min do uzyskania 1 Kw

4) Jak dużą redukcję emisji CO2 możemy osiągnąć?

Ogólnie przyjmuje się że 0,6 kg CO2 przypada na 1Kw/h. Oznacza to że dla TC250 maksymalnie redukujemy około 1.300 ton przez rok. Dla jednostki TC 10 przypada 53 tony!!

5) **Czy są dostępne dodatkowe korzyści finansowe?**

Tak, w zależności od regionu gdzie zainstalowana jest jednostka dostępne są różne rodzaje finansowych możliwości które czynią nasze rozwiązanie jeszcze bardziej zyskowne!!

Termocycle

Kontakt

Termocycle Sp.zo.o
Ul Zlota 61
Warszawa
Jaap Brouwer
Tel: +48.504080142
Skype: jaaprbr
E-mail: jaap.brouwer@termocyle.com

DOŚWIADCZALNE
badania przydatności powietrznych kolektorów słonecznych do wspomagania procesów suszenia płodów

dr inż. Jerzy Majewski

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Doświadczalne badania przydatności powietrznych kolektorów słonecznych do wspomagania procesów suszenia płodów rolnych

dr inż. Jerzy Majewski

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

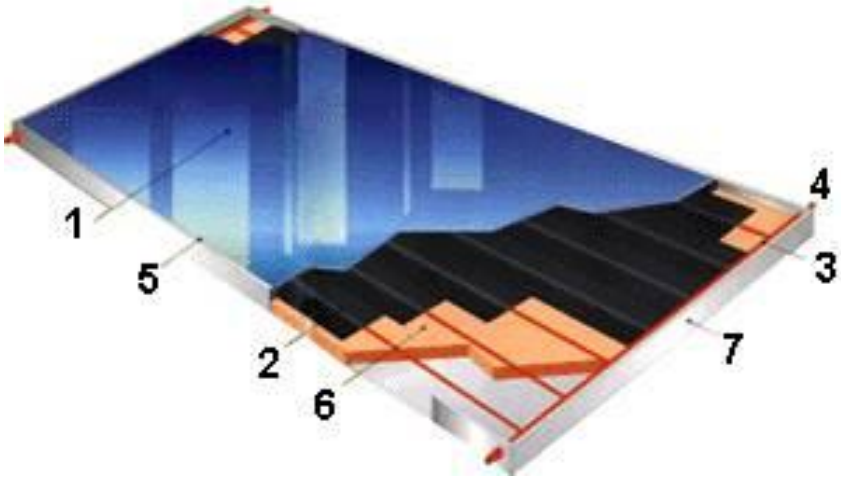
EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

1. Kolektor słoneczny- budowa i zasada działania
2. Innowacyjne kolektory słoneczne wykonane z komorowych płyt z tworzywa sztucznego
3. Cel i zakres badań kolektorów powietrznych
4. Budowa stanowiska badawczego
5. Sposób przeprowadzania pomiarów
6. Wyniki badań
7. Wnioski
8. Optymalizacja konstrukcji instalacji suszarniczej
9. Korzyści

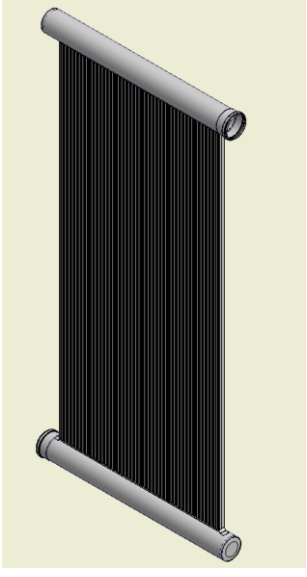
Co to jest kolektor słoneczny?

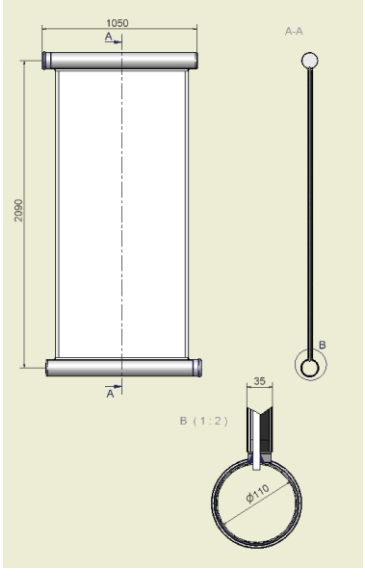
Kolektor słoneczny jest to maszyna cieplna, która przetwarza energię promieniowania słonecznego w energię cieplną płynu (wody, powietrza, mieszanki wodno- glikolowej).



Schemat kolektora płaskiego: 1 – pokrywa szklana; 2 – absorber pokryty powłoką pochłaniającą promieniowanie; 3 – rurki miedziane; 4 – wyjścia boczne do łączenia kolektorów; 5 – uszczelniacze silikonowe; 6 – izolacja cieplna; 7 – obudowa.

Kolektor słoneczny do podgrzewania powietrza





Suszarnia wyposażona w kolektory słoneczne

Cel i zakres badań

- Celem przeprowadzonych badań było doświadczalne określenie wydajności (mocy) powietrznych kolektorów słonecznych w wersji ocieplonej z rurami zbiorczymi o średnicach Φ 110 i Φ 160 mm.
- W ramach badań dokonano pomiarów mocy pojedynczych kolektorów obu typów oraz zestawów składających się z dwóch kolektorów połączonych szeregowo.
- Pomiary przeprowadzono dla różnych natężeń przepływu powietrza oraz różnych temperatur powietrza zasilającego tak aby w miarę dokładnie odwzorować warunki w jakich będzie pracował kolektor w procesach suszenia płodów rolnych.

Budowa stanowiska badawczego

Stanowisko składa się z :

- Dmuchawy promieniowej napędzanej silnikiem prądu trójfazowego
- Falownika służącego do płynnej regulacji prędkości obrotowej silnika a co za tym idzie masowego natężenia przepływu powietrza zasilającego badany kolektor
- Rurociągu łączącego dmuchawę z badanym kolektorem
- Zwężki do pomiaru natężenia przepływu powietrza umieszczonej na rurociągu zasilającym
- Elektronicznego miernika prędkości przepływu powietrza Testo 435
- Układu do podgrzewania powietrza dolotowego wyposażonego w dwie grzałki elektryczne (2x1,2 kW)
- Punktów pomiaru temperatur powietrza dolotowego i wylotowego. W punktach tych umieszczone są rezystancyjne czujniki temperatury PT-100 umożliwiające pomiar temperatury z dokładnością do 0,1^{o}C
- Badanego kolektora powietrznego (zestawu kolektorów)
- Symulatora promieniowania słonecznego umożliwiającego naświetlanie jednego badanego kolektora strumieniem świetlnym o natężeniu promieniowania do 1,5 kW/m^2 natomiast zestawu dwóch kolektorów strumieniem o natężeniu do 1,0 kW/m^2
- Piranometru (przyrządu do pomiaru natężenia promieniowania świetlnego)

Piranometr do pomiaru natężenia promieniowania

Zmodernizowany symulator promieniowania słonecznego.

Dwa kolektory z rurami Φ110 mm podczas badań na stanowisku.

Dwa kolektory z rurami Φ160 mm podczas badań na stanowisku.

Sposób przeprowadzania pomiarów

Wszystkie pomiary były realizowane przy natężeniu promieniowania ok. 1000 W/m^2.

W trakcie pomiaru rejestrowane są jednocześnie:

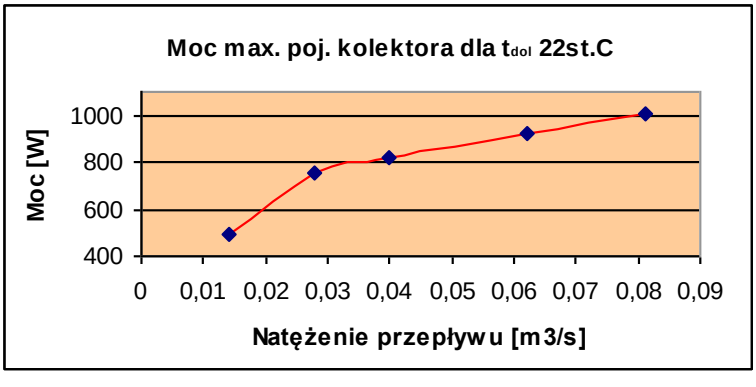
- Prędkość przepływu powietrza w rurach zbiorczych kolektora. Na tej podstawie oblicza się objętościowe i masowe natężenie przepływu powietrza.
- Temperatury powietrza zasilającego i opuszczającego badany kolektor.

Badania prowadzono dla różnych temperatur powietrza zasilającego w zakresie od temperatury otoczenia (ok. 20°C) do ok. 60°C.

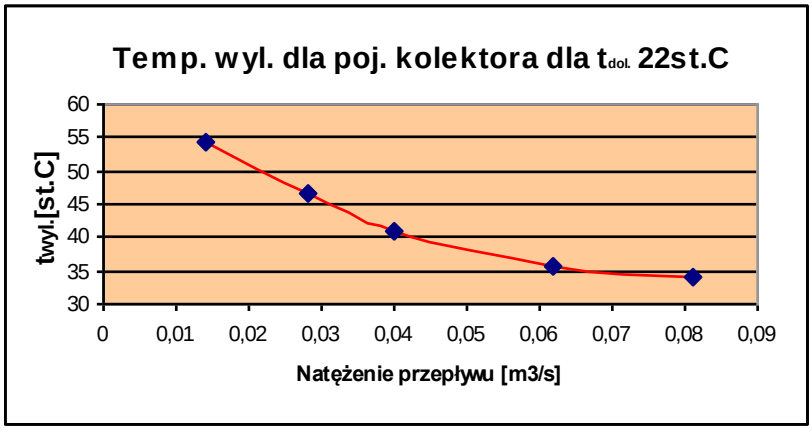
W trakcie pomiarów zmieniano również natężenie przepływu powietrza w zakresie od 0,014 m^3/s do maksymalnej wartości jaką można było uzyskać ze względu na wydajność dmuchawy przy konkretnym obciążeniu układu pojedynczym kolektorem lub baterią kolektorów.

Na podstawie zmierzonych wielkości wyznaczana jest na drodze obliczeniowej moc badanego kolektora (baterii kolektorów).

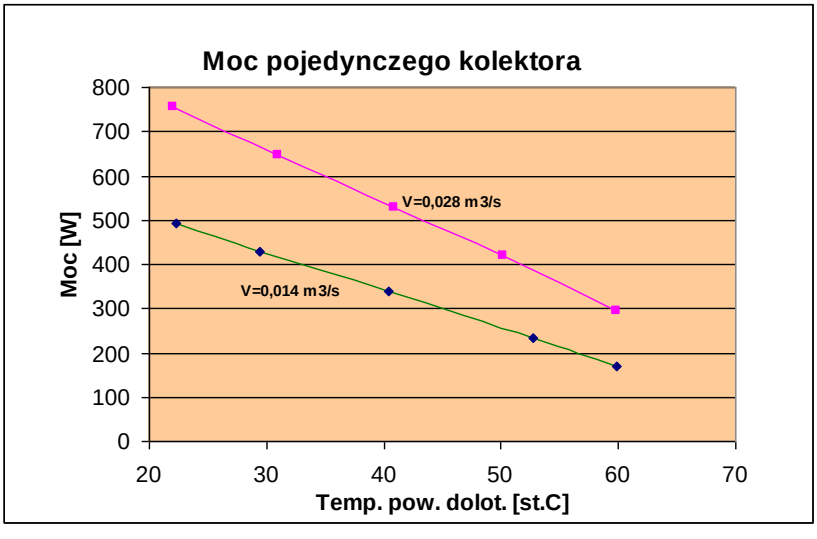
Wyniki badań



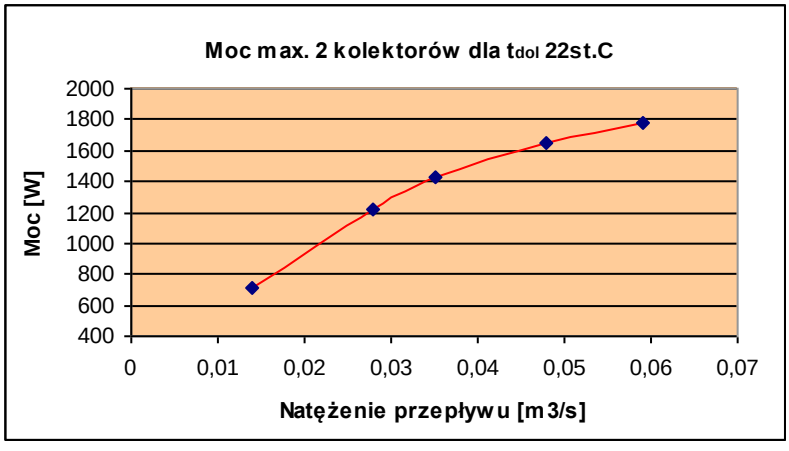
Wykres zależności mocy maksymalnej pojedynczego kolektora z rurami Φ110 mm od natężenia przepływu powietrza



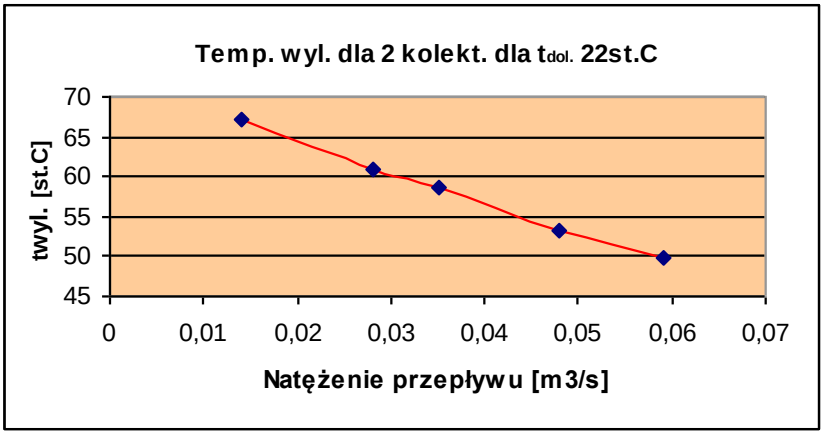
Wykres zależności temperatury wylotowej od natężenia przepływu powietrza dla pojedynczego kolektora z rurami Φ110 mm



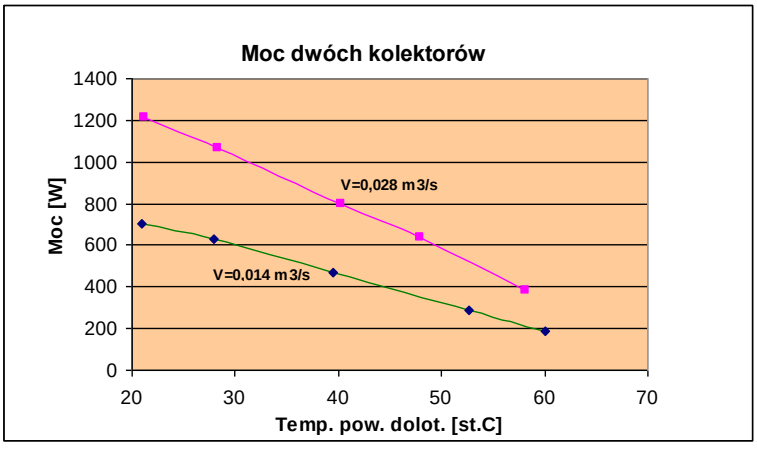
Wykres zależności mocy pojedynczego kolektora z rurami Φ110 mm od temperatury powietrza dolotowego dla dwóch wartości natężenia przepływu powietrza



Wykres zależności mocy maksymalnej dwóch szeregowo połączonych kolektorów z rurami Φ110 mm od natężenia przepływu powietrza



Wykres zależności temperatury wylotowej od natężenia przepływu powietrza dla dwóch szeregowo połączonych kolektorów z rurami Φ110 mm



Wykres zależności mocy dwóch szeregowo połączonych kolektorów z rurami Φ110 mm od temperatury powietrza dolotowego dla dwóch wartości natężenia przepływu powietrza

Wnioski

- Maksymalna moc pojedynczego kolektora wynosi 1006,5 W dla wariantu z rurami zbiorczymi Φ110mm i 1076,4 W dla wariantu z rurami zbiorczymi Φ160mm co oznacza sprawność od 57% do 61%. Przyrost temperatury powietrza wynosi w takich warunkach od 11,4 do 12,5ºC

- Maksymalna moc baterii dwóch szeregowo połączonych kolektorów wynosi 1775 W dla wariantu z rurami zbiorczymi Φ110mm i 1986,4 W dla wariantu z rurami zbiorczymi Φ160mm co oznacza sprawność od 50% do 56%. Przyrost temperatury powietrza wynosi w takich warunkach ok. 27ºC

Wnioski c.d.

- Dla osiągnięcia maksymalnej wydajności kolektorów w instalacji suszarniczej powinny one pracować w takich warunkach aby osiągały maksymalną moc. Nie należy dążyć do tego aby same kolektory zapewniły wymaganą temperaturę powietrza gdyż wtedy pracować będą przy znacznie niższej sprawności.

- Aby możliwe było osiągnięcie maksymalnej mocy kolektora (baterii kolektorów) należy zapewnić odpowiednio duży przepływ powietrza na poziomie 300 m^3/h. Jest to wartość przepływu dla jednego kolektora. W przypadku całej instalacji suszarniczej (12 kolektorów) jest to 3600 m^3/h.

Optymalizacja konstrukcji instalacji suszarniczej

- Zastosowanie modułów składających się z dwóch równolegle połączonych kolektorów z rurami Φ160mm
- Zestawienie instalacji z 6-ciu modułów (np. po 3 na każdej połowie dachu)
- Każdy moduł podłączony jest do dmuchawy oddzielną rurą Φ160mm po stronie ssawnej

Korzyści

- Jeżeli założyć że okres suszarniczy trwa 75 dni a średnia podaż promieniowania słonecznego w tym czasie to 4,7 kWh/m^2 w skali doby to uwzględniając średnią sprawność kolektora 50% uzyskujemy energię **13,4 GJ**. Energia ta dotyczy instalacji składającej się z 12-tu kolektorów.
- Oznacza to zaoszczędzenie 382 l oleju opałowego o wartości opałowej 39 MJ/litr przy założeniu 90% sprawności palnika
- Przy cenie oleju opałowego 2,60 zł/litr oznacza to zaoszczędzenie 993 zł w skali roku

MAŁA ENERGETYKA wiatrowa – innowacyjne konstrukcje

prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Mała energetyka wiatrowa Innowacyjne konstrukcje

1) Historia
2) Typy wiatraków
3) Rozwiązania innowacyjne
4) Dostępność na rynku
5) Kierunki działań
6) Limit Betza
7) Siły aerodynamiczne

prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym"

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

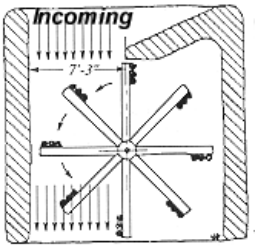
1) Historia

lekkie konstrukcje wykorzystujące siły oporu aerodynamicznego **ewolucja** konstrukcje wykorzystujące siłę nośną

Siłę nośną znano i wykorzystywano w starożytności do żeglowania.

Miało to wpływ na późniejszy rozwój wiatraków z łopatami żaglowymi.

Podstawowe zadania: mielenie zboża, pompowanie wody.



Pierwszym znanym rozwiązaniem jest wiatrak z 500-600 A.D. z Persji. Uważa się w opisach, że tego typu rozwiązanie jest najmniej sprawne ale najczęściej powielane.

1) Historia

Chiny

Uważa się za kolebkę wiatraków o osi pionowej

Wynalezione 2000 lat temu

Pierwsze pisane dokumenty pochodzą z 1219 roku

Zastosowanie: mielenie zboża i pompowanie wody

Wiatraki Zachodniego Świata

Pierwsze wiatraki miały oś poziomą.

Przyczyny ?? poziomy układ koła wodnego??

Względy techniczne??

wykorzystanie pełnego strumienia wiatru w układzie poziomej osi,

w przypadku osi pionowej połowa strumienia nie jest wykorzystana.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

1) Historia

Pierwsze ilustracje z 1270 A.D.

Wiatraki żaglowe.

Szybki rozwój krajach śródziemnomorskich i w Holandii.

Obrotowy szczyt wieży

500 lat rozwoju

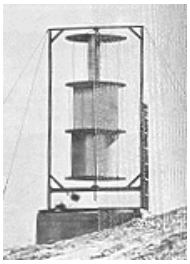
ostateczne konstrukcje łopat uwzględniają obecne zasady projektowania

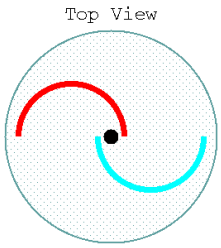
Końcówki czasz nie mogą poruszać się szybciej niż wiatr.

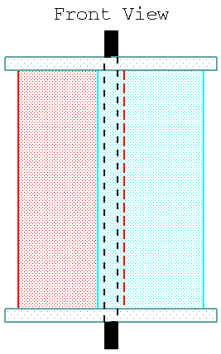
TSR = $v_{tip}/v_{wind} < 1.0$

tip speed ratio

Wiatraki o osi pionowej wykorzystujące siłę oporu są wolno-obrotowe < 100 rpm





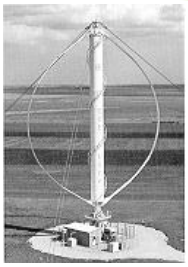


Finlandia -Sigurd J. Savonius 1922

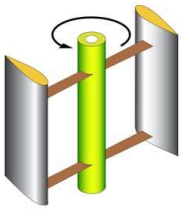
Pierwsza próba:
Johann Bessler w 1745 w Niemczech

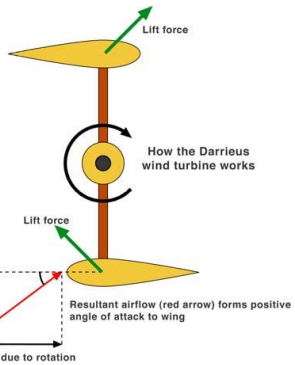
Savonius Rotor

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Darrieus, Francja (patent 1927)





Giromills, cycloturbines i ze spiralnymi łopatami

Zerowy moment startowy

szybko-obrotowy !!

2) Typy wiatraków

Typy wiatraków

Wiatraki o osi poziomej

- Różna ilość łopat
- Różne prędkości końcówki
- Konieczność przestawiania łopaty
- Potrzebne układy hamowania wirnika

Konieczne ustawienie wiatraka w kierunku wiatru

Słaby wiatr

Silny wiatr

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

2) Typy wiatraków

Wiatraki o osi pionowej

Kierunek wiatru dowolny !!!

The Savonius: Drag-Type VAWT

Darrieus Lift-Type

3) Rozwiązania innowacyjne

Współczesny rozwój

Duże wiatraki

20 kW – 7 MW

Rozwój ustalony bez przełomów.

Wzrost rynku zrównowazony.

Problem:

hałas końcówki łopaty

Enercon E-126

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

3) Rozwiązania innowacyjne

Eksplozja potencjału małej energetyki wiatrowej

Raport BWEA (British Wind Energy Association)

Co roku podwaja się:

- Roczna produkcja energii elektrycznej
- Zainstalowana moc całkowita

Małe wiatraki mają wielki potencjał implementacji rozwiązań innowacyjnych

3) Rozwiązania innowacyjne

LOOPWING µ2850

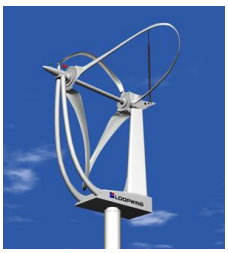
D = 2,85 m

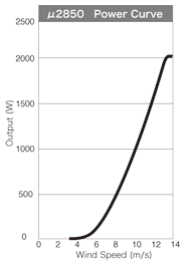
Wiatr – 3 m/s ÷ 14 m/s

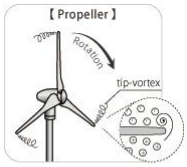
4 m/s - 30 W

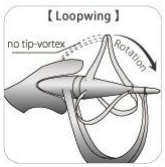
8 m/s - 270 W

12,8 m/s - 2000 W









KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

3) Rozwiązania innowacyjne

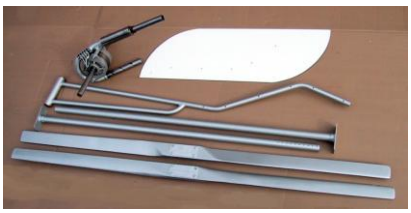
Wiatrak wielowirnikowy

2 kW przy 13 m/s

Start – 3,5 m/s

D = 2,5 m

Cena 2000 $



3) Rozwiązania innowacyjne

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

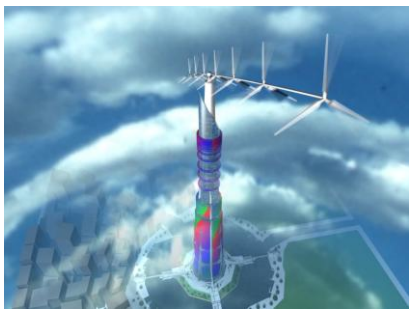
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

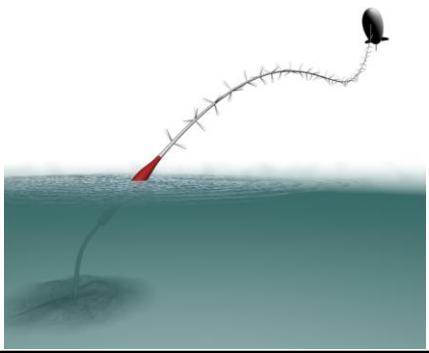
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

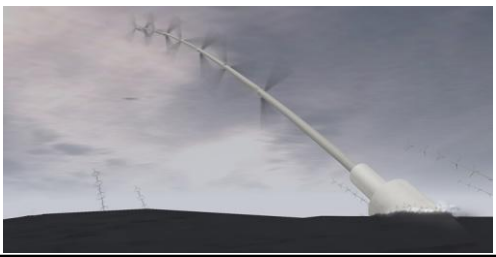
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

3) Rozwiązania innowacyjne

Wizje przyszłości







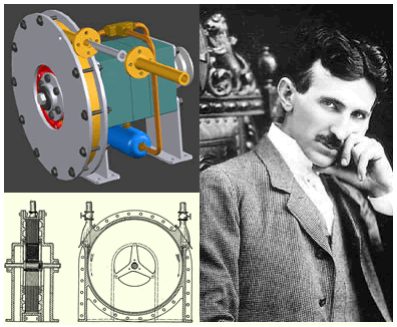
3) Rozwiązania innowacyjne

TESNIC Turbine

Patent 1913 w USA,

Nikola Tesla

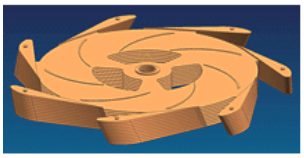
Turbina talerzowa



200 dysków z 2 mm szczeliną między nimi

Na obwodzie znajdują się kierownice, które zapewniają styczny napływ na dyski.

Poza typowym wykorzystaniem sił oporu, powietrze przepływając pomiędzy dyskami oddaje energię dzięki siłom adhezji do powierzchni dysku. Dzięki temu sprawność turbiny zwiększa się.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

3) Rozwiązania innowacyjne

TESNIC Turbine

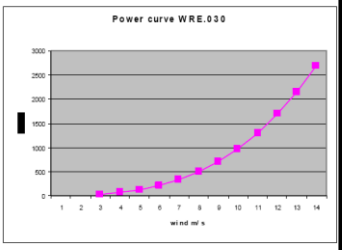
Typ	Moc	Wymiary	Ciężar
T10K	10 kW 900W/m^2	H=3,3 m D=3,3 m	350 kg
T3600	3,6 kW 900W/m^2	H=2 m D=2 m	150 kg
T2K	2 kW 890W/m^2	H=1,5 m D=1,5 m	85 kg
T750	750 W 920W/m^2	H=0,9 m D=0,9 m	50 kg

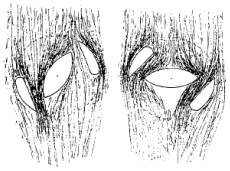
3) Rozwiązania innowacyjne

ROPATEC vertical energy

Hybrydowy wirnik łączący zasadę działania wirnika Savonius'a and Darrieus'a.

Bardzo cichy i odporny na silne wiatry.





Air current through the WindRotor

Model	WRE.007	WRE.030	WRE.060
Hub height	3 – 12 m.	3 – 12 m.	3 – 12 m.
Nominal output	750W	3000W	6000W
Rotor weight	~160 kg.	~400 kg.	~700 kg.
Starting velocity	2 m/s	2 m/s	2 m/s
Nominal velocity	14 m/s	14 m/s	14 m/s
Cut-out velocity	none	none	none
Rotor diameter	1.5 m.	3.3 m.	3.3 m.
Rotor height	1.5 m	2.2 m	4.4 m
Rotor rotat. velocity	2300-250 rpm at 14m/s	90/100 rpm at 14 m/s	90/100 rpm at 14 m/s

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

4) Dostępność na rynku

Domestic Roof-Mounted Wind Turbines

Supported by the European Comission under the Intelligent Energy - Europe Programme

SWIFT 1500 W, D=2 m, wirnik 50 kg, max wiatr 65 m/s

Bardzo mały hałas <35 dB w warunkach nominalnych

Przy prędkości wiatru 5,5 m/s daje 200 W mocy

WINDSAVE 1000 W, D=1,75 m, wirnik 25 kg, max wiatr 52,5 m/s

32 dB 5 m za łopatami przy wietrze 5 m/s,

52 dB przy 7 m/s

Dane techniczne:
Moc: 350 Watt (12,5m/s)
Start przy wietrze 3,5m/s
Średnica wirnika: 1,20 m
Obroty: 500 - 1300rpm
Waga: 11,5 kg

1275 Euro

640 Euro

700 Euro

1300 Euro

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Small Wind Test Field Zealand (Holandia)

- 10 wiatraków różnych producentów
- czas pomiaru pół roku (pierwsze wyniki)
- średnia prędkość wiatru 3.7 m/s

Small Wind Test Field Zealand (Holandia)

Miesiąc	Prędkość wiatru (m/s)
apr-08	3,5
mai-08	3,7
jun-08	3,4
jul-08	3,4
aug-08	3,6
sep-08	3,4
okt-08	3,2
nov-08	4,4
dec-08	3,7
jan-09	4,4
feb-09	3,4
Średnia	3,7

Nazwa handlowa	Koszt Euro	Średnica m	Powierz. m²	Moc kW	kWh netto kwi-wrz	kWh netto cały r.	Euro/ kWh	Koszt/Moc Euro/kW	Moc/Pow kW/m²
Skystream	10742	3,7	11	1,8	776	2156	0,35	5967,78	0,16
Montana	18508	5	20	2,7	1164	3233	0,40	3701,60	0,13
Passaat	9239	3,12	7,65	0,95	234	650	0,99	6599,29	0,13
Ampair	8925	1,7	2,27	0,6	75	208	2,94	14875,00	0,27
Airdolphin	17548	1,8	2,5	0,6	123	342	5,41	17548,00	0,24
WRE 060	39162	3,3	14,5	2	213	592	4,62	6527,00	0,14
Energy Ball	4324	1,1	0,95	0,1	21	58	4,91	8648,00	0,10
Swift	13200	2	2,8	0,9	27	75	11,79	8800,00	0,31
WRE 030	30862	2,5	7,3	0,8	62	172	12,41	10287,33	0,11
Turby	21350	2	5	1	42	117	12,44	10675,00	0,20

10 m/s

4) Dostępność na rynku

Wnioski

1) Na rynku dostępne są zarówno wiatraki o osi poziomej jak i pionowej wszystkich typów
2) Wiatraki są projektowane na wysokie prędkości wiatru 10 – 14 m/s
3) Prędkość startu jest mniejsza dla wiatraków o osi pionowej
4) Wiatraki o osi pionowej są cięższe
5) Nie jest regułą, że uzysk energii z wiatru (W/m^2) jest większy z wiatraków o osi poziomej
6) Największą efektywność uzyskuje się z wiatraka o osi pionowej typu Tesli

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

5) Kierunki działań

Założenia do badań i projektowania turbin wiatrowych dla regionu pomorskiego

1) Nominalna prędkość wiatru 6-8 m/s (a nie 12-14 m/s)

   Powyżej tej prędkości dopuszczalny jest spadek sprawności
2) Mała prędkość startowa wiatraka

   Duża powierzchnia płatów wiatraka

   Wskazanie na turbinę o osi pionowej

   Turbina o osi poziomej powinna być wielo-łopatowa
3) W konsekwencji wiatrak będzie wolno obrotowy co oznacza potrzebę zastosowania przekładni do generatora
4) Moc wiatraka rzędu 3 kW

5) Kierunki działań

Podstawowe wyzwanie – wiatrak musi być **tani**

Przekłada się to na minimalizację ciężaru

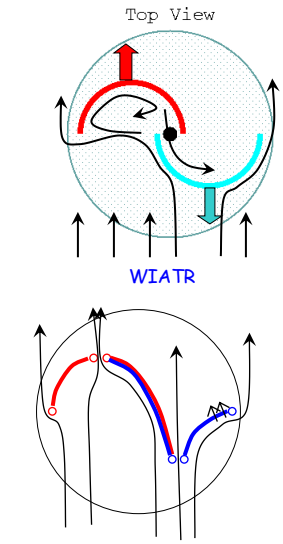
Lekki wirnik – zastosowanie nowoczesnych materiałów (tworzywa, kompozyty)

Lekki generator – tradycyjny wysokoobrotowy (przekładnia)

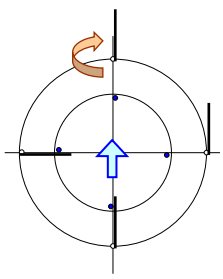
z magnesami neodymowymi (3 kW – 13 kg)

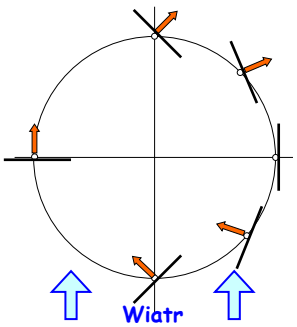
Lekki i składany maszt – 5 – 7 m, (tworzywa, kompozyty)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



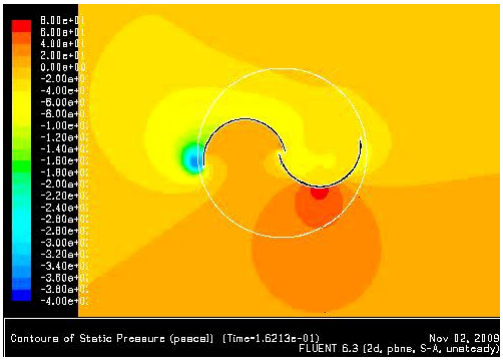
- Zastosowanie materiałów tekstylnych, półprzepuszczalnych
- Zwiększenie zakresu pozytywnego działania siły napędowej





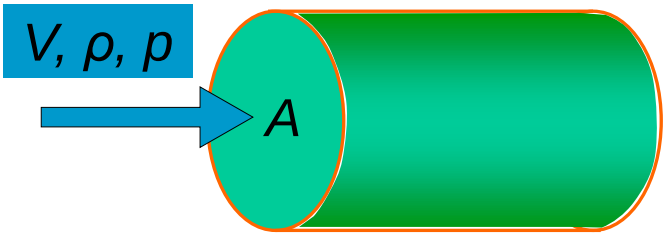
Wiatrak pionowy

5) Kierunki działań



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

6) Limit Betza



Masowy wydatek przez powierzchnię ***A:*** $m = A \cdot V \cdot \rho$ *[kg/s]*

Równanie Bernouliego:

$$p_s + \frac{\rho V^2}{2} = p_0$$

$$p_s + p_{dynamiczne} = p_0$$

$$p_{dynamiczne} = \frac{\rho V^2}{2}$$

6) Limit Betza

Mając ciśnienie dynamiczne łatwo wyliczyć siłę jaką należy wywrzeć na płyn aby go zatrzymać: **$F = p_{dynamiczne} \cdot A$**

$$F = A\frac{\rho V^2}{2}$$

Chcąc określić moc, którą można uzyskać z zatrzymania strumienia należy pamiętać o prostej zależności, że moc jest to praca wykonana w czasie a praca to jest siła razy przesunięcie. Stad wynika, że moc to jest: **$P = (F \cdot l) / t = F \cdot V$** *[N m/s=J/s=W]*

Z drugiej strony wiemy że moc odpowiada energii kinetycznej posiadanej przez ciało przez czas, a ona jest równa: $P = E_k / t \quad E_k = \frac{1}{2} m V^2 \quad P = \frac{1}{2} \dot{m} V^2$

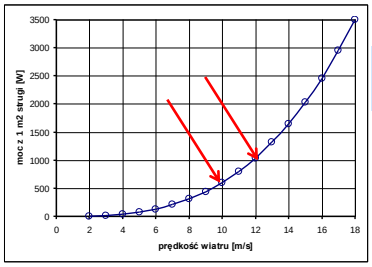
$$\dot{m} = A\ V\ \rho\,[kg/s]$$

MOC strumienia

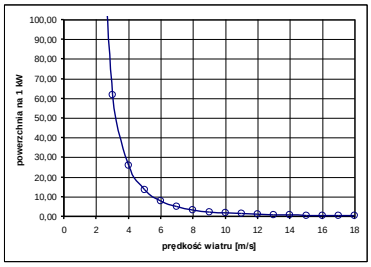
$$P = \frac{1}{2} A \cdot \rho \cdot V^3 \qquad P = p_{dyn} \cdot A \cdot V$$

6) Limit Betza

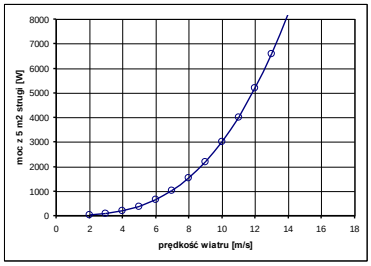
Moc strumienia wiatru



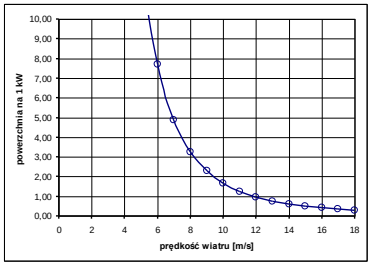
$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3$$



P ~ A



P ~ V³



6) Limit Betza

Jedna za największych turbin off-shore ma:

średnicę = 126 m *powierzchnia = 12 470 m²*

*uzyskuje **5 MW*** *przy wietrze 14 m/s*

gęstość powietrza wynosi 1,23 kg/m³

Moc zawarta w wietrze wynosi:

$0{,}5 \cdot 1{,}23 \cdot 12470 \cdot (14 \cdot 14 \cdot 14) \approx$ ***21 MW***

$$P = \frac{1}{2}\rho A V^3$$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

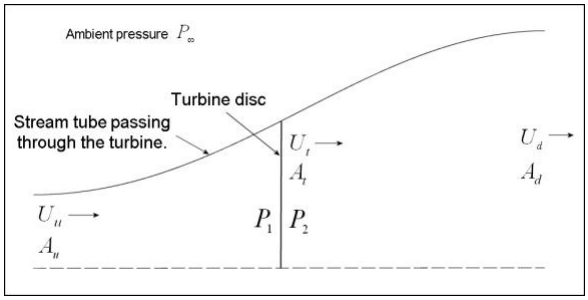
6) Limit Betza

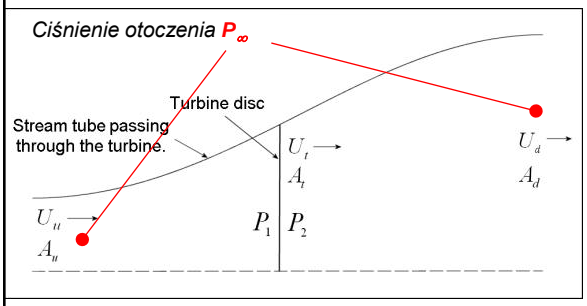
Jeżeli chcemy wykorzystać strumień powietrza o prędkości U_u do produkcji energii to:

*- na wylocie musi też być jakaś prędkość wylotowa **$U_d > 0$***

*- ponieważ odbiór mocy przez wiatrak powoduje wyhamowanie to z prawa zachowania masy strumień powietrza musi zwiększać swój przekrój **$A_u < A_d$***

- na dysku następuje spadek ciśnienia $P_1 > P_2$





$$P = p_{dyn} \cdot A \cdot V$$

$$Power = (P_1 - P_2) \cdot A_t \cdot U_t$$

Zachowanie masy przy stałym ρ: $A_u \cdot U_u = A_d \cdot U_d = A_t \cdot U_t$

Z prawa zachowania pędu:

Siła działająca na wirnik jest równa zmianie pędu strumienia powietrza:

$$(P_1 - P_2) \cdot A_t = \dot{m} \cdot \Delta U = \rho \cdot A_t \cdot U_t \cdot (U_u - U_d)$$

Równanie Bernouliego:

Przed: $P_\infty + \frac{\rho U_u^2}{2} = P_1 + \frac{\rho U_t^2}{2}$ *Za:* $P_\infty + \frac{\rho U_d^2}{2} = P_2 + \frac{\rho U_t^2}{2}$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

6) Limit Betza

Z równania zachowania pędu mieliśmy:

$$(P_1 - P_2) \cdot A_t = \dot{m} \cdot \Delta U = \rho \cdot A_t \cdot U_t \cdot (U_u - U_d)$$

$$(P_1 - P_2) = \rho \cdot U_t \cdot (U_u - U_d)$$

Z równanie Bernouliego:

Przed: $P_\infty + \frac{\rho U_u^2}{2} = P_1 + \frac{\rho U_t^2}{2}$ $\quad P_1 = P_\infty + \frac{\rho U_u^2}{2} - \frac{\rho U_t^2}{2}$

Za: $P_\infty + \frac{\rho U_d^2}{2} = P_2 + \frac{\rho U_t^2}{2}$ $\quad P_2 = P_\infty + \frac{\rho U_d^2}{2} - \frac{\rho U_t^2}{2}$

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho \cdot (U_u^2 - U_d^2)$$

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho \cdot (U_u^2 - U_d^2) = \rho \cdot U_t \cdot (U_u - U_d)$$

6) Limit Betza

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho \cdot (U_u^2 - U_d^2) = \rho \cdot U_t \cdot (U_u - U_d)$$

$$\rho \cdot \frac{1}{2}(U_u + U_d) \cdot (U_u - U_d) = \rho \cdot U_t \cdot (U_u - U_d)$$

$$U_t = \frac{1}{2}(U_u - U_d)$$

Prędkość przez dysk wirnika jest średnią arytmetyczną z prędkości wlotowej i wylotowej

6) Limit Betza

Efektywność lub sprawność pozyskania mocy *jest stosunkiem uzyskanej energii do całkowitej energii zgromadzonej w strumieniu wiatru:*

$$\eta = \frac{Power}{Wind\ Total}$$

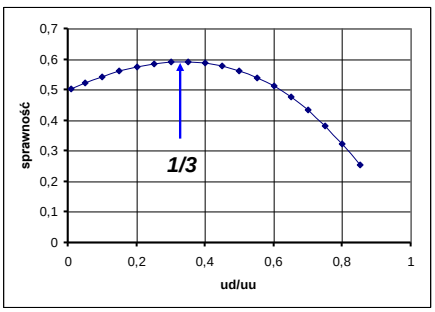
$$Power = (P_1 - P_2) \cdot A_t \cdot U_t$$

$$Wind\ Total = \frac{1}{2}\rho \cdot A_t \cdot U_u^3$$

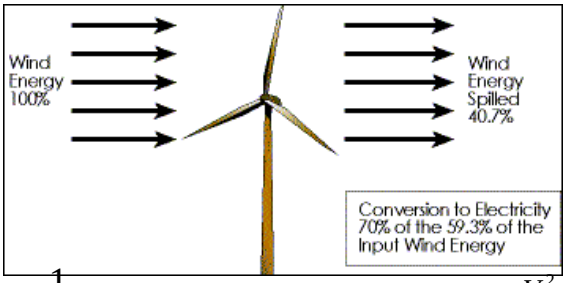
$$\eta = \frac{\frac{1}{2}\rho \cdot (U_u^2 - U_d^2) \cdot A_t \cdot U_t}{\frac{1}{2}\rho \cdot A_t \cdot U_u^3} = \frac{U_u - U_d}{U_u} \cdot \frac{U_u + U_d}{U_u} \cdot \frac{1}{2}\frac{U_u + U_d}{U_u}$$

$$\eta = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{U_d}{U_u}\right) \cdot \left(1 + \frac{U_d}{U_u}\right)^2$$

A_t *odniesione do dysku*



6) Limit Betza



Limit Betz'a 59%

$$P = \frac{1}{2} A \cdot \rho \cdot V^3 \qquad F = A \frac{\rho V^2}{2}$$

Jaką powierzchnię wiatraka należy zainstalować aby uzyskać 500 W przy wietrze 4 m/s?

Jaka maksymalna siła działałaby na ten wiatrak przy 100% efektywności wiatraka.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Dziękuję za uwagę

IMP P·A·N GDAŃSK

prof. dr hab. inż. Piotr Doerffer

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym"

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

POMPY CIEPŁA MAŁE I DUŻE
racjonalizacja użytkowania energii

dr hab. inż. Brunon J. Grochal

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Pompy ciepła małe i duże

racjonalizacja użytkowania energii

dr hab. inż. Brunon J. Grochal

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

Polskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła

www.ozewortal.pl

„Upowszechnienie badań na temat odnawialnych źródeł energii oraz wsparcie ochrona własności intelektualnej z tego obszaru"
Działanie 4.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki –
„Rozwój kwalifikacji kadr systemu B + R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym "

EKSPERT–SITR Spółka z o.o.
ul. Jana z Kolna 38, 75-204 Koszalin
tel./fax +48 94 342 25 81, 94 342 39 13
sitr.koszalin@ekspert-sitr.pl

Partner projektu: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Rolnictwa Zarząd Główny w Warszawie

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY

Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Plan prezentacji

1. **Wstęp – co to jest i jak działa pompa ciepła**
2. **Gdzie można zastosować pompę ciepła**
3. **Ile pompa ciepła kosztuje – a ile kosztuje CIEPŁO?**
4. **Korzyści ze stosowania pompy ciepła**
5. **Mity i fakty o pompie ciepła**
6. **Przykłady**
7. **Podsumowanie**

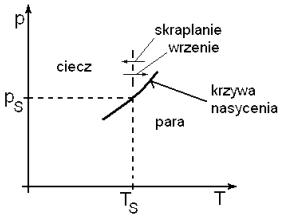
1. Wstęp – co to jest i jak działa pompa ciepła

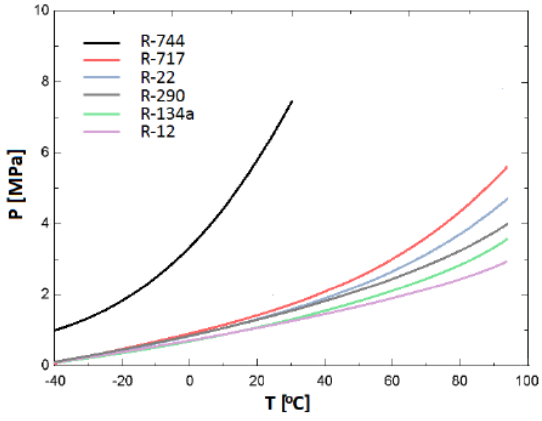
Pompa ciepła – urządzenie pozwalające na wykorzystanie energii cieplnej źródeł o niskich temperaturach, odbiera ciepło z dolnego źródła (np. z powietrza, z gruntu, z wód powierzchniowych bądź podziemnych), i przekazuje je do górnego źródła o wyższej temperaturze (np. do instalacji c.o., do instalacji c.w.u.).

Zasada działania najpopularniejszych parowych sprężarkowych pomp ciepła opiera się na własnościach fizycznych płynów – czynników roboczych, pracujących w obiegach pomp ciepła.

Wiadomo z fizyki, że temperatura wrzenia/skraplania cieczy zależy od ciśnienia. Zależność ta - w formie krzywej p(T) - przedstawiana jest graficznie jako krzywa nasycenia.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego





Krzywe nasycenia kilku czynników roboczych (R-744 - ditlenek węgla CO_2; R-717 - amoniak NH_3; R-290 - propan C_3H_8)

CZYNNIK CHŁODNICZY

R407C

Cecha charakterystyczna:

normalna
(to znaczy przy ciśnieniu atmosferycznym)
temperatura wrzenia to:

$t_w = -43{,}6^{\circ}C$

CZYNNIK CHŁODNICZY

R718

H_2O - woda

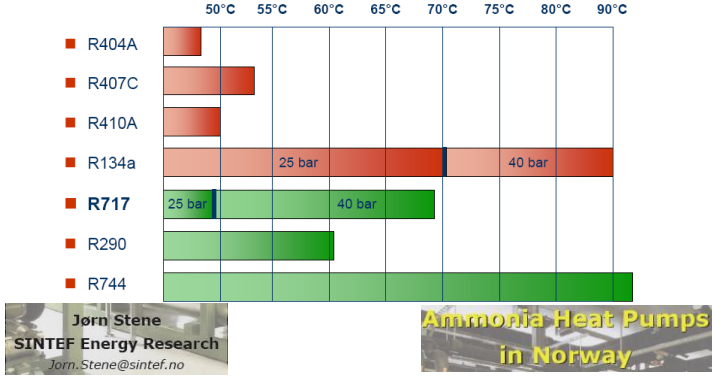
normalna
(to znaczy przy ciśnieniu atmosferycznym)
temperatura wrzenia to:

$t_w = +100^{\circ}C$

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

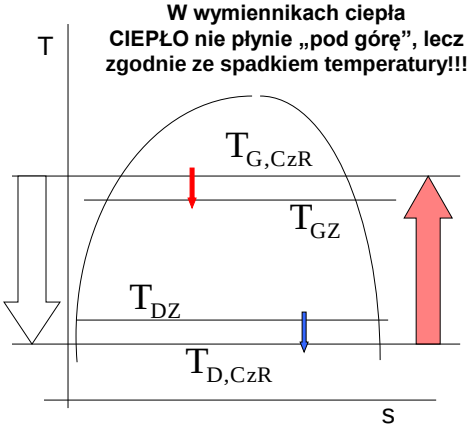
Working Fluids for Heat Pumps

Maximum Supply Water Temperature from the Condenser – t_S



Ilustracja wpływu wyboru czynnika roboczego na temperaturę uzyskiwaną w skraplaczu pompy ciepła

W wymiennikach ciepła CIEPŁO nie płynie „pod górę", lecz zgodnie ze spadkiem temperatury!!!



zawór dławiący **sprężarka**

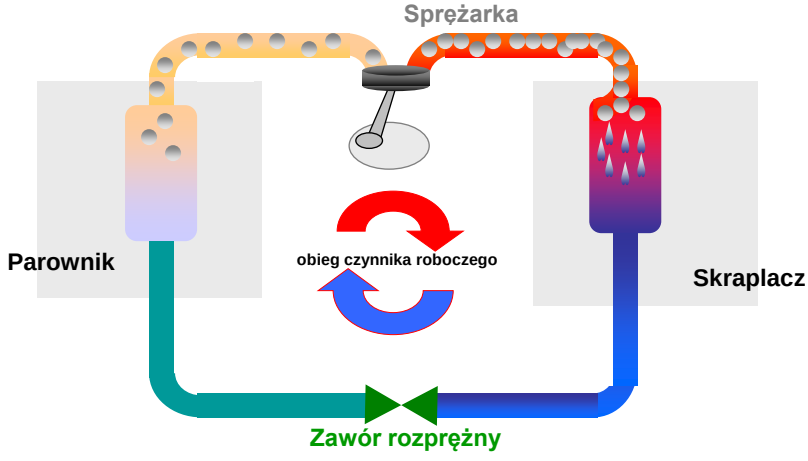
$$\Delta T_S = \left(T_{G,CzR} - T_{GZ}\right)$$

przepływ ciepła w górnym źródle (w skraplaczu)

$$\Delta T_P = \left(T_{DZ} - T_{D,CzR}\right)$$

przepływ ciepła w dolnym źródle (w parowniku)

Trochę termodynamiki ...



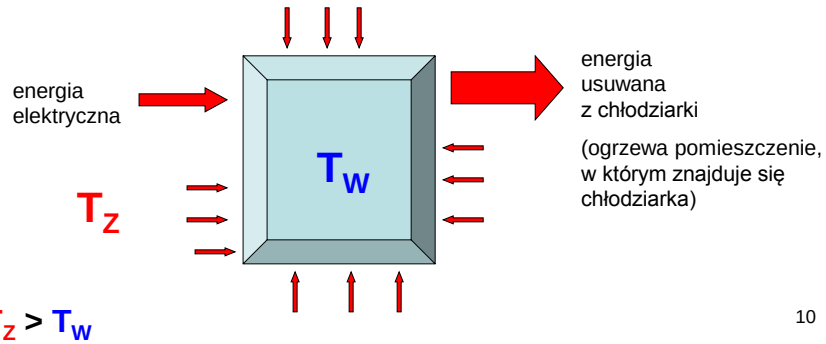
Czynnik roboczy pracuje w obiegu zamkniętym, podlegając cyklicznie przemianom termodynamicznym

8

Idea działania pompy ciepła

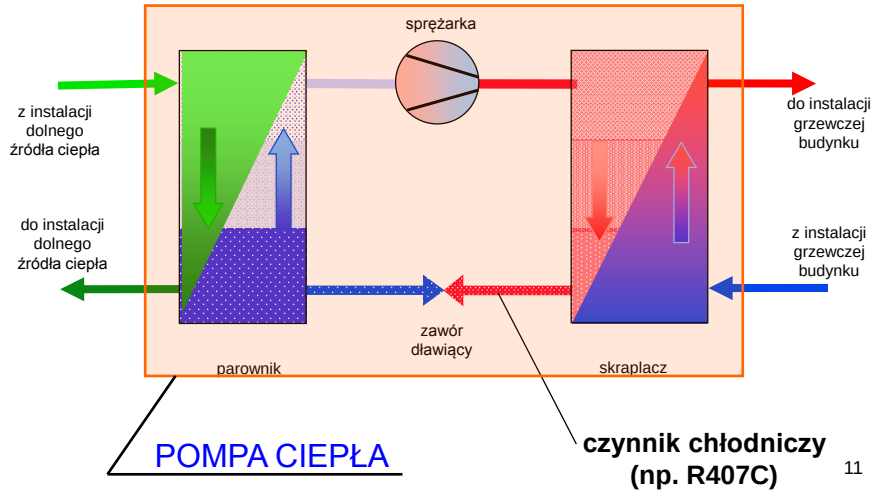
Obecnie praktycznie każdy ma pompę ciepła w domu ... choć może o tym nie wie!

To chłodziarka (czyli lodówka), bez której trudno wyobrazić sobie dzisiaj życie codzienne – ot, jedna z szafek kuchennych.
Wymaga doprowadzenia energii elektrycznej, ale jak właściwie wygląda bilans energetyczny tej „szafki" o cudownych właściwościach?

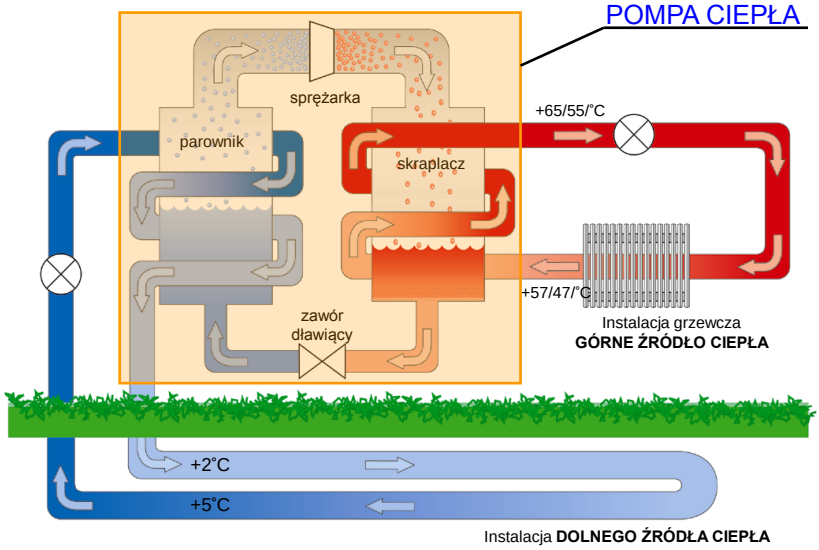


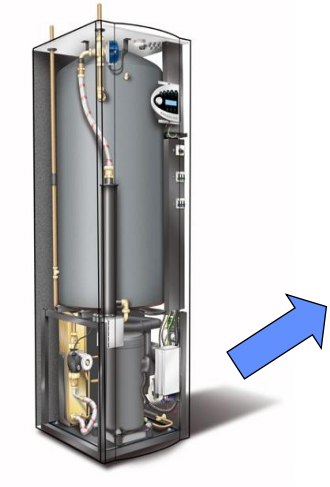
$T_Z > T_W$

Schemat uproszczony instalacji z POMPĄ CIEPŁA



Schemat poglądowy instalacji z POMPĄ CIEPŁA (dolne źródło GRUNT – kolektor poziomy)





parownik

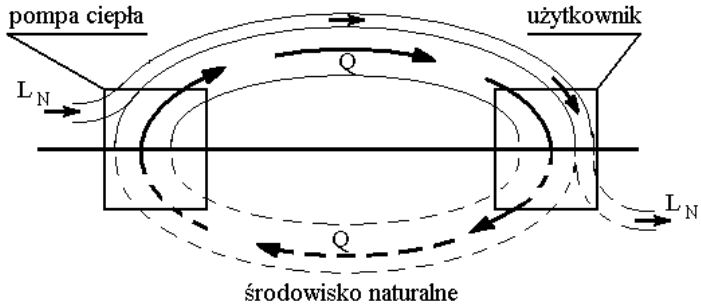
skraplacz

sprężarka

zawór dławiący

ELEMENTY KOMPAKTOWEJ POMPY CIEPŁA (*IVT*)
(z zintegrowanym zbiornikiem)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

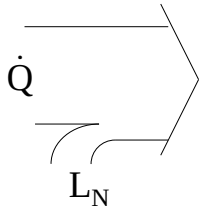


środowisko naturalne
(albo ciepło odpadowe, np. z procesu technologicznego)

L_N - energia napędowa; $(Q + L_N)$ - ciepło użyteczne (do ogrzewania)

Pompa ciepła jest urządzeniem
dokonującym recyklingu energii środowiska

Jeśli zależy nam na otrzymywaniu dużej ilości ciepła ... i tanio ...



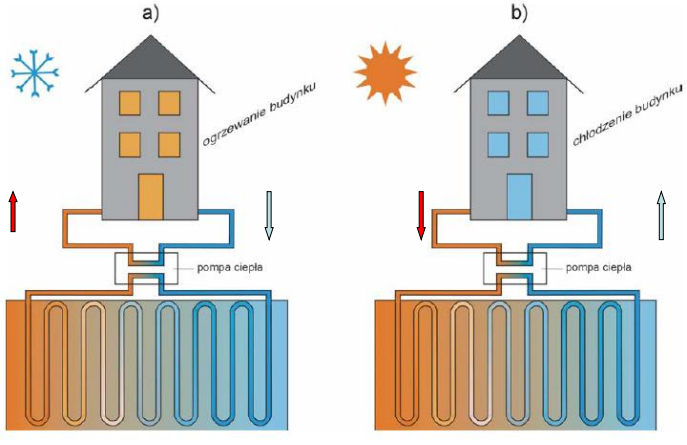
$$(\dot{Q}+L_N) \qquad COP=\frac{\dot{Q}+L_N}{L_N} \quad \subset(3\Leftrightarrow 8)$$

Płacimy za L_N, otrzymujemy do dyspozycji $(\dot{Q}+L_N)$

COP **Coefficient Of Performance** **(Efektywność Cieplna Pompy Ciepła)**

Korzyść ze stosowania pompy ciepła wynika z relacji między Q i L_N

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Schemat ilustrujący zasadę działania instalacji z rewersyjną pompą ciepła.
a) ogrzewanie w okresie zimowym; b) chłodzenie w okresie letnim;

Pompa ciepła może także chłodzić!!

2. Gdzie można zastosować pompę ciepła?

Pompę ciepła można stosować wszędzie tam, gdzie jest do dyspozycji ciepło przy temperaturze uniemożliwiającej jego wykorzystanie w inny sposób.

Pompa ciepła może pobierać ciepło (przy odpowiednim doborze czynnika roboczego) z chłodni, ze środowiska, z procesów technologicznych (mycie, pranie, ścieki, itd.).

Pompa ciepła może współpracować z innymi OZE. Może być napędzana energią elektryczną z turbiny wiatrowej, z panelu fotowoltaicznego, z małej elektrowni wodnej, energią mechaniczną z silnika gazowego spalającego biogaz.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Pompa ciepła zwykle pracuje okresowo współpracując ze zbiornikiem akumulacyjnym ciepła.

Typowy okres pracy pompy ciepła w domowej instalacji to nieco ponad 2 000 godzin w ciągu roku, przy żywotności sprężarki rzędu 40 000 godzin pracy oznacza to 20 lat pracy instalacji bez wymiany urządzeń. Dolne źródło ciepła gruntowe ma żywotność szacowaną na przynajmniej 50 lat.

Ubytek ciepła z gruntu może i powinien być niwelowany dostarczaniem ciepła z chłodzenia pomieszczeń w sezonie letnim, może do tego zostać wykorzystana nadwyżka ciepła z kolektorów słonecznych podczas lata.

Pompa ciepła może być stosowana do ogrzewania (i chłodzenia!) pojedynczych pomieszczeń (urządzenia małej mocy tzw. „split", pobierające ciepło z powietrza), do ogrzewania (i chłodzenia!) domów jednorodzinnych i budynków wielomieszkaniowych, do budynków komunalnych i użyteczności publicznej, budynków gospodarskich, hal sportowych czy aquaparków – praktycznie wszędzie.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Nadto pompy ciepła mogą być wykorzystywane do odladzania powierzchni dróg, chodników, parkingów, mostów – odrębna dziedzina zastosowań pomp ciepła to energetyczne wykorzystanie gruntu, możliwe jedynie właśnie dzięki pompom ciepła.

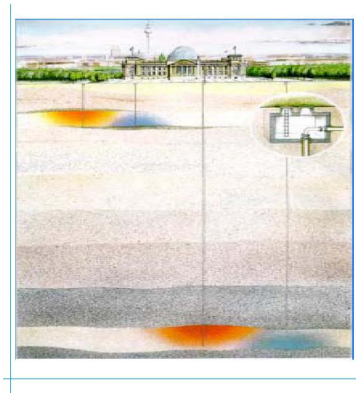
Budowane są - dzięki możliwości wykorzystania pomp ciepła – magazyny ciepła i chłodu, o skali wielkości pozwalającej na sezonowe (lato/zima) magazynowanie energii oraz współpracę z sieciowymi systemami centralnego ogrzewania (district heating/cooling).

Pompy ciepła mogą pracować jako jedyne źródło energii (ciepła/chłodu), bądź jako urządzenia pokrywające podstawowe zapotrzebowanie na energię, we współpracy ze szczytowymi czy uzupełniającymi źródłami energii.

Efekt zastosowania pomp ciepła jest zawsze taki sam: radykalne zmniejszenie kosztu zaopatrzenia w energię.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

UTES – Highlights: Berliner Reichstag



Heat Storage

- **Storage Efficiency: >70%**

Cold Storage

- **Storage Efficiency: >90%**
- ≈ 50m depth
- Input temp. (summer/winter): 15-28°C / 5°C
- Output temp. (summer/winter): 6-10°C / 22°C
- Injected energy: >4200 MWh/a
- Extracted " : >3900 MWh/a

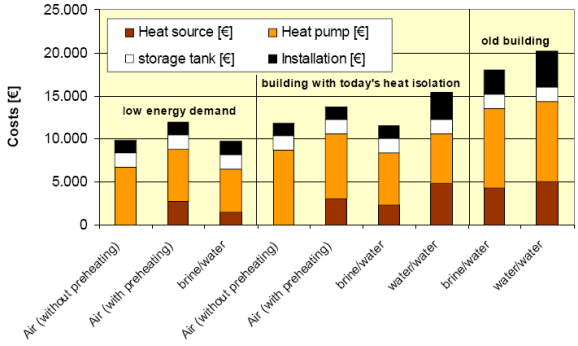
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH

Podziemne magazyny ciepła i chłodu dla budynku Reichstagu w Berlinie

Source: A. Wille, V. Lottner, *R&D programme on thermal energy storage in Germany*, 10th Int. Conference on Thermal Energy Storage EcoStock 2006, NJ USA, May 30-June 2, 2006.

3. Ile pompa ciepła kosztuje – a ile kosztuje CIEPŁO?

Figure 15: Total investment costs for different heat pump systems for one-family-houses[27]

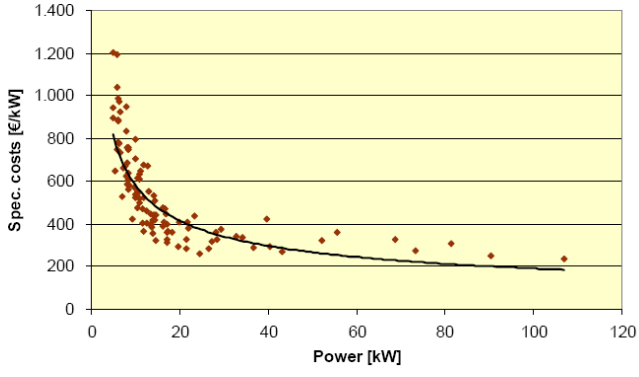


Całkowity koszt instalacji z pompą ciepła w UE dla budynków jednorodzinnych energooszczędnych, średnioizolowanych oraz starych

źródło: Heating and cooling from renewable energies: costs of national policies and administrativebarriers, FINAL REPORT, MVV Consulting, delivered to DG TREN 15 June, 2007.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Figure 14: Specific investment costs of heat pumps in relation to capacity [26]



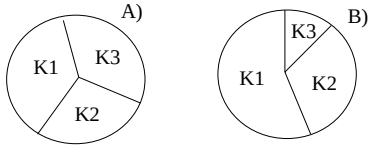
Jednostkowy koszt pompy ciepła w UE w zależności od mocy cieplnej urządzenia (opłaca się instalować - np. wspólnie - urządzenie o większej mocy!)

źródło: Heating and cooling from renewable energies: costs of national policies and administrativebarriers, FINAL REPORT, MVV Consulting, delivered to DG TREN 15 June, 2007.

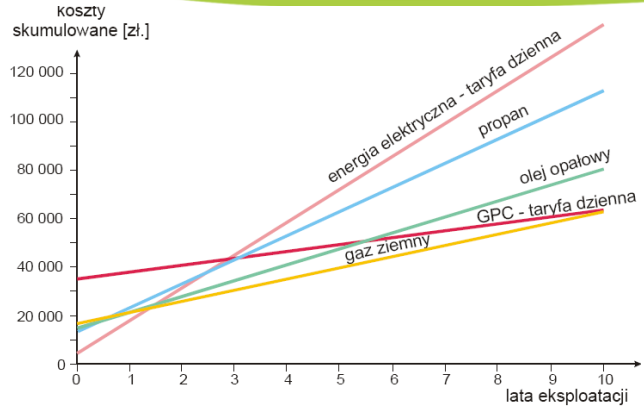
Racjonalne porównania kosztów ogrzewania przy wykorzystaniu różnych systemów ogrzewania muszą być przeprowadzane przy uwzględnieniu trzech zasadniczych składników tych kosztów:

- ***kosztu inwestycyjnego* K1 (zakupu i budowy instalacji),**
- ***kosztu obsługi i remontów* K2 (serwisu)**
- ***kosztu eksploatacji* K3 (paliwa i energii niezbędnej do różnego rodzaju napędów oraz sterowania i kontroli).**

Dla różnych systemów ogrzewania relacje między tymi składnikami są różne, co ilustruje schematycznie rysunek poniżej.



Przykład różnego udziału składników kosztów w całkowitym koszcie ogrzewania:
A) równomierny udział kosztów składowych,
B) przeważający udział kosztu inwestycyjnego K1 – pompa ciepła.



Wykres porównawczy skumulowanych kosztów ogrzewania dla różnych systemów grzewczych (ceny wg 2004 r.)

Kapuściński J. Rodzoch A.: *Geotermia niskotemperaturowa w Polsce - stan aktualny i perspektywy rozwoju*, Warszawa 2006 (wykonano na zamówienie Ministra Środowiska); jest dostępna nowsza wersja tego opracowania z 2010 r.

4.Korzyści ze stosowania pompy ciepła

- **DLA ODBIORCY CIEPŁA - to radykalne obniżenie kosztu ogrzewania, z możliwością chłodzenia przy użyciu tej samej instalacji,**
  przy nieporównanie większej wygodzie korzystania z instalacji w odniesieniu
  do innych systemów ogrzewania

- **DLA ŚRODOWISKA - to obniżenie szkodliwych emisji ze spalania paliw konwencjonalnych, dzięki recyrkulacji energii pobieranej ze środowiska oraz - w sumie - lepszemu wykorzystaniu energii paliwa niż w innych systemach ogrzewania – o czym poniżej.**

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

5.Mity i fakty o pompie ciepła

Nieprzyjaciele pomp ciepła w Polsce wysuwają dwa główne argumenty, które - ich zdaniem - dyskwalifikują przydatność tych urządzeń w naszych warunkach.

Pierwszy – to duży koszt inwestycyjny. Prawdą jest, że musimy przy zakupie pomp ciepła konkurować z zamożniejszymi krajami UE, ponieważ zapotrzebowanie na pompy ciepła jest tak wielkie, iż nie można nadążyć z produkcją oraz – przede wszystkim – z instalowaniem kolejnych urządzeń. Na wymianę czeka bez przesady kilka milionów wyeksploatowanych instalacji grzewczych – i piece zastępowane są pompami ciepła!! Prawdą jest jednak także fakt konsekwentnego wspomagania (dofinansowywania) budowy nowych i wymiany starych instalacji grzewczych przez administracje wszystkich krajów „starej UE" i w wielu „nowych" państwach członkowskich UE – poza Polską ...

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Krajowy Plan Działań w Zakresie Energii Odnawialnych przewiduje wspomaganie zawodowych dostawców ciepła, ale wspomaganie indywidualnych, małych użytkowników nie interesuje naszej administracji.

Na pompy ciepła postawiła w rozwoju energetyki w szczególności Wielka Brytania.

Już obecnie od każdego użytkownika pompy ciepła kupowane jest ciepło pozyskane ze środowiska – przeciętny użytkownik mieszkający w domu jednorodzinnym otrzymuje kwotę około 4000 zł rocznie przez okres 20 lat, to jest średni okres eksploatacji pompy ciepła.

Drugi argument dotyczy nieefektywności naszych krajowych elektrowni – no i winne są, naturalnie, pompy ciepła. Winne są mianowicie tego, że dostarczane przez nie ciepło nie jest w stanie zastąpić ciepła, które można by uzyskać z bezpośredniego spalenia paliwa. Ilustruje sytuację rysunek na kolejnym obrazie poniżej, na którym porównano współczynniki wykorzystania paliwa w różnych systemach ogrzewania.

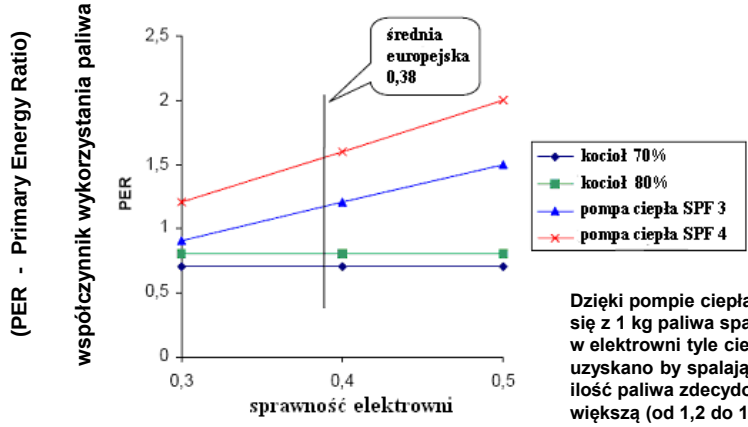
Pomijając już fakt nielogiczności argumentacji według zasady „kowal zawinił, Cygana powiesić" trzeba wskazać na *przemycany przy tej okazji stereotypowy pogląd*
o rzekomo niewielkiej efektywności pomp ciepła.

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ta ostatnia sprawa jest na tyle ważna, że warto przedstawić obecny stan faktyczny co do efektywności pomp ciepła.

Postęp techniczny w odniesieniu do pomp ciepła doprowadził mianowicie stopniowo do osiągnięcia bardzo wysokich wartości współczynników efektywności cieplnej, i to dotyczących całej instalacji – SPF (Seasonal Performance Factor), a nie tylko samych pomp ciepła – COP (Coeficient Of Performance). Prezentują to kolejne ilustracje.

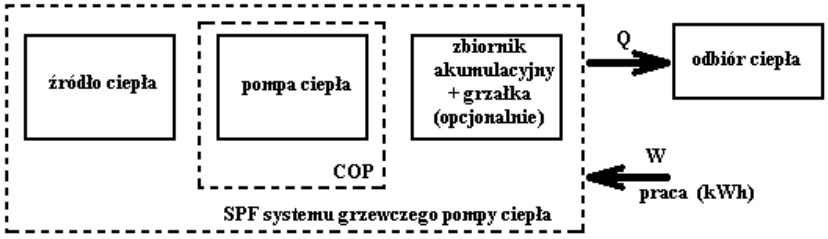
Ile energii z paliwa jest faktycznie wykorzystywane przez odbiorcę ciepła?



Dzięki pompie ciepła uzyskuje się z 1 kg paliwa spalonego w elektrowni tyle ciepła, ile uzyskano by spalając u odbiorcy ilość paliwa zdecydowanie większą (od 1,2 do 1,5 kg).

zródło: Forsén M., *Heat pumps – technology and environmental impact*, July 2005: Part 1, Swedish Heat pump Association (SVEP).

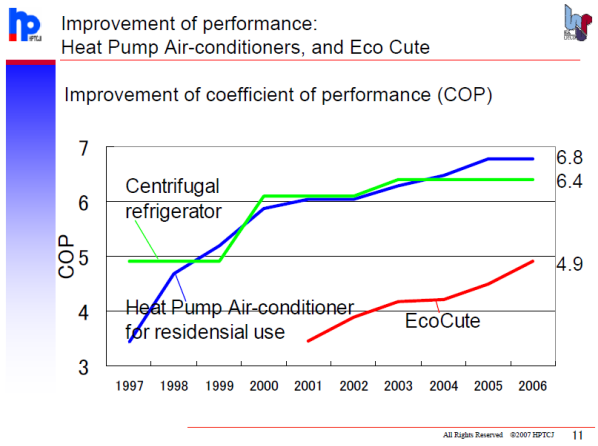
Na efektywność instalacji ogrzewania ma wpływ nie tylko sma pompa ciepła, ale także nakład energii wymagany do obsługi dolnego źródła (pompa obiegowa) oraz ewentualne dogrzewanie zbiornika akumulacyjnego (backup heating).



Ilustracja relacji między współczynnikami wydajności cieplnej:
COP – tylko pompa ciepła, SPF – instalacja grzewcza z pompą ciepła.

SPF = Q/W

Pomierzone wartości SPF, przedstawione poniżej, pozwalają wyrobić sobie pogląd o efektywności pomp ciepła.



Postępy w podwyższaniu efektywności pomp ciepła są znaczne, co ważne także w odniesieniu do pomp ciepła z powietrzem jako dolnym źródłem ciepła (Japonia)

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

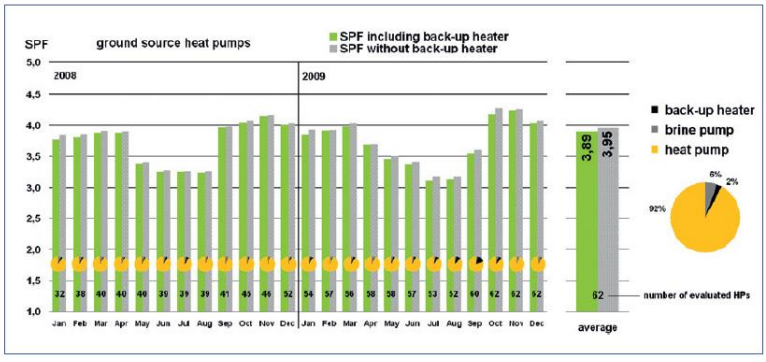


Fig. 3: Monthly SPFs with and without back-up heater and average values for 2008 and 2009, share of electrical energy usage for GSHP

Pomierzone średniomiesięczne wartości współczynnika SPF w latach 2008 i 2009 przy pobieraniu ciepła z gruntu (GSHP – Ground Source Heat Pump)

[źródło: European Heat Pump NEWS, Issue 12/2 August 2010]

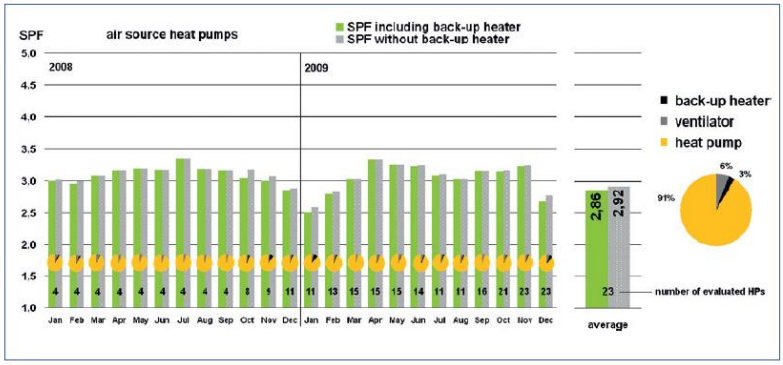


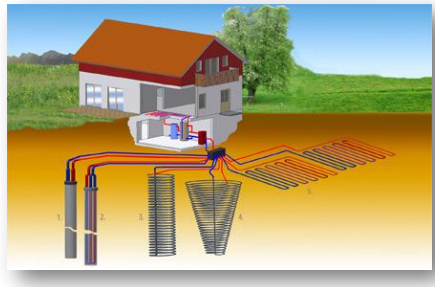
Fig. 4: Monthly SPFs with and without back-up heater and average values for 2008 and 2009, share of electrical energy usage for GSHP

Pomierzone średniomiesięczne wartości współczynnika SPF w latach 2008 i 2009 przy pobieraniu ciepła z powietrza.

[źródło: European Heat Pump NEWS, Issue 12/2 August 2010]

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

6. Przykłady



Przykłady dolnych źródeł ciepła

Przykłady dolnych źródeł ciepła

Harcerski Ośrodek Morski (HOM) w Pucku – widok ogólny

Przykład instalacji ogrzewania z pompą ciepła

Harcerski Ośrodek Morski (HOM) w Pucku – pompy ciepła i zbiorniki akumulacyjne

Z powietrza ciepło może być pobierane na zewnątrz budynku, bądź wewnątrz budynku - to drugie rozwiązanie wymaga doprowadzenia powietrza z czerpni i usuwania go przez wyrzutnię

Budynek mieszkalny (52 mieszkania) w Gdańsku-Oruni, 14 400 m3; 5 pomp ciepła o łącznej mocy 75 kWth, gruntowe dolne źródło ciepła - 10 otworów pionowych po 120 m.
[źródło: ELAR Gdańsk]

POMPY CIEPŁA

Odzysk ciepła odpadowego przy użyciu pomp ciepła

Przykłady zastosowań

12/37

greenPOWER 2010 FRIOTHERM www.kongresgreenpower.pl

Pompy ciepła wielkiej mocy pozwalają odzyskać ciepło odpadowe ze ścieków, pobierać ciepło z wody morskiej, dobrze współpracując z siecią ciepłowniczą

źródło:
Dr inż. Leszek Wojtan

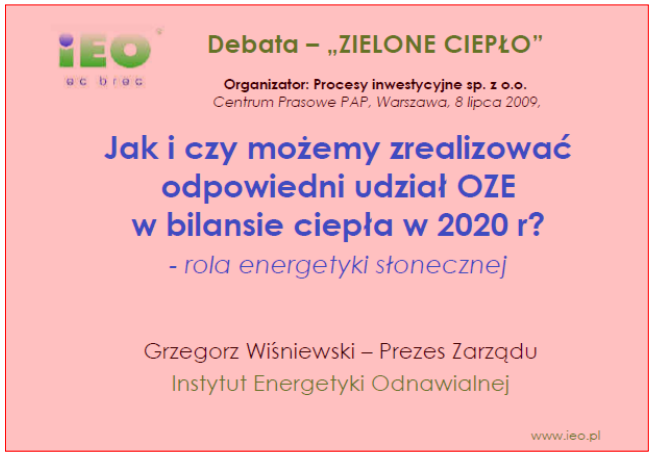
FRIOTHERM AG
Zürcherstrasse 12
8401 Winterthur

KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI
Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ SPOŁECZNY
Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

7. Podsumowanie

- ✓ **Ciepło można pobierać z otoczenia, na miejscu u użytkownika. Żadnych palenisk, magazynów paliwa, transportu, etc., etc.**
- ✓ **PŁACIMY tylko za „ciepło napędowe” (kilka razy mniejsze od ciepła do dyspozycji).**
  Za ciepło pobrane z otoczenia NIE PŁACIMY.
- ✓ **Latem – możliwość chłodzenia pomieszczeń.**

- ✓ „Mnożenie" energii - poprzez dobieranie jej z otoczenia, w ilości kilkakrotnie większej niż energia napędowa - prowadzi do lepszego wykorzystania paliw (i tym samym do zmniejszenia szkodliwych emisji)
- ✓ Względnie duży koszt instalacji z pompą ciepła zwraca się w rozsądnym okresie czasu – TYM SZYBCIEJ, IM SZYBCIEJ ROSNĄ CENY PALIW I ENERGII.
- ✓ Do napędu pompy ciepła można stosować „zieloną" energię (elektryczną bądź mechaniczną), wtedy całość ciepła jest „zielona".



A pompy ciepła gdzie są? Ich rola w bilansie ciepła może i powinna być jeszcze bardziej znacząca niż rola energetyki słonecznej – i tak też przewiduje się w UE.

Podobno tylko w Polsce pompy ciepła są jakieś gorsze ... (zdaniem niektórych „ekspertów")

Co zaleca dyrektywa 2009/28/WE, w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych w sprawie promocji zielonego ciepła?

- Równoprawne traktowanie zielonego ciepła, zielonej energii elektrycznej i biopaliw w systemie wsparcia
- Promowanie technologii efektywnych ,w tym wykorzystania biomasy ze sprawnością co najmniej 85 % w zastosowaniach mieszkalnych i komercyjnych oraz co najmniej 70 % w zastosowaniach przemysłowych oraz tylko efektywnych pomp ciepła
- W sporządzonych przez siebie krajowych planach działania w zakresie energii odnawialnych państwa członkowskie dokonują oceny konieczności budowy nowej infrastruktury systemu lokalnego ogrzewania i chłodzenia produkowanego z odnawialnych źródeł energii w celu osiągnięcia krajowego celu na rok 2020
- Państwa członkowskie przy udziale władz lokalnych i regionalnych opracowują odpowiednie programy informacyjne, programy zwiększania świadomości, programy doradcze lub szkoleniowe, aby informować obywateli o korzyściach i rozwiązaniach praktycznych związanych z rozwojem i wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych
- Najpóźniej do dnia 31 grudnia 2014 r. państwa członkowskie wprowadzają w swoich przepisach i kodeksach prawa budowlanego lub w inny sposób mający równoważny skutek, w stosownych przypadkach, wymóg wykorzystania w nowych budynkach i budynkach już istniejących poddawanych generalnemu remontowi minimalnego poziomu energii ze źródeł odnawialnych.
- Państwa członkowskie zapewniają, by do dnia 31 grudnia 2012 r. instalatorzy małych kotłów i pieców na biomasę, systemów fotowoltaicznych i systemów ciepła słonecznego, płytkich systemów geotermalnych oraz pomp ciepła mieli dostęp do systemów certyfikacji lub równoważnych systemów kwalifikowania

Istnieją więc jednak efektywne pompy ciepła?

No to takie właśnie instalujmy!!

Pompa ciepła może dostarczać ciepło w całości pochodzące z OZE, jeśli z OZE pochodzi energia napędowa (stanowiąca część ciepła dostarczanego użytkownikowi).