

# Biogaz z alg

## – szanse i zagrożenia

**Ksawery Kuligowski**  
**Andrzej Tonderski**  
**Mariusz Wójcik**

Pomorskie Centrum Badań i  
Technologii Środowiska  
POMCERT, Gdynia



# Spis treści

1. Zanieczyszczenie morza i plaż
2. koncepcja produkcji biogazu z alg
3. Zbieranie alg
4. Hodowla alg
5. Produkcja biogazu
6. Pulpa pofermentacyjna

# Zanieczyszczenie morza i plaż

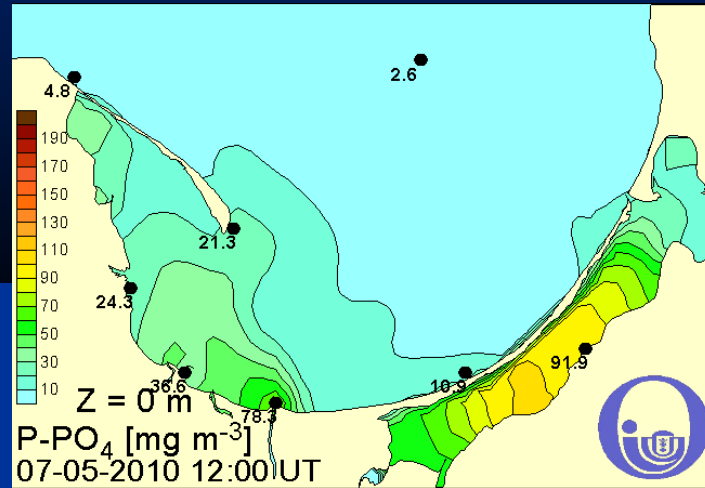
## Przykład 1: Chiny

W lipcu 2008 r. chińskie miasto Qingdao, które w ciągu miesiąca miało się stać miejscem rozgrywania konkurencji żeglarskich podczas zawodów olimpijskich, stanęło przed problemem usunięcia olbrzymich ilości alg. Lokalne władze zmobilizowały 10 000 żołnierzy i 1400 łodzi do uporania się na czas z usuwaniem tego materiału, przynajmniej w bezpośrednim miejscu rozgrywania igrzysk.

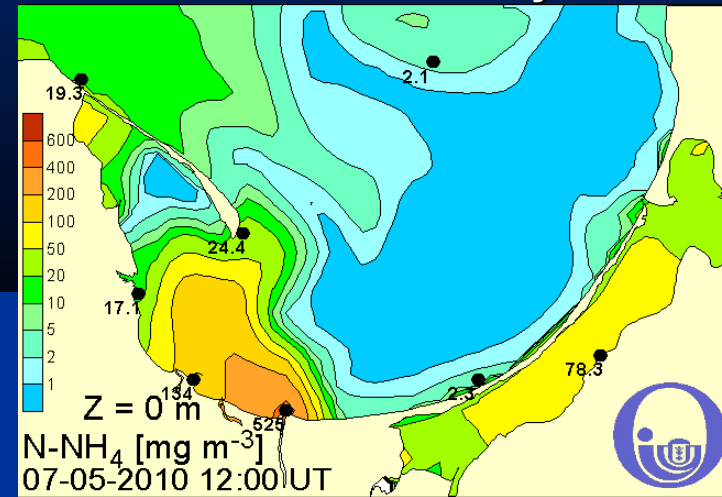


# Zanieczyszczenie morza i plaż

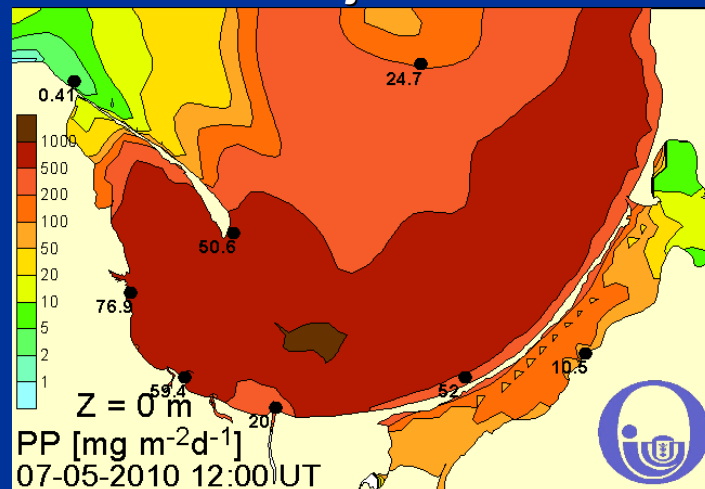
## Fosforany



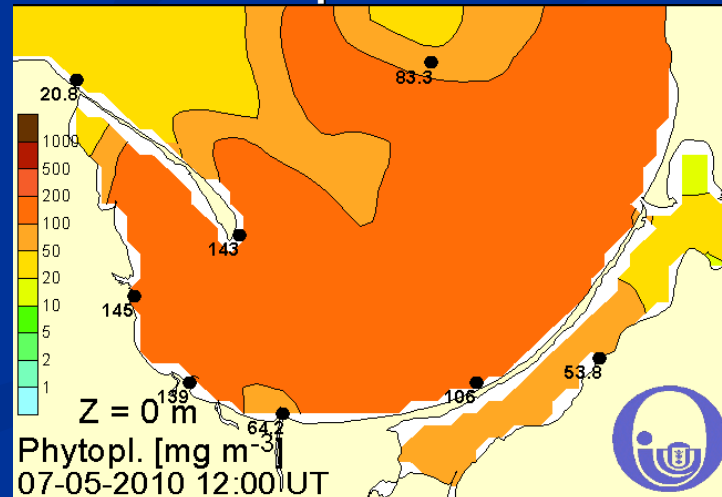
## Azot amonowy



## Produkcja Pierwotna



## Fitoplankton



# Zanieczyszczenie morza i plaż



**200 - 400 ton suchej masy alg w czasie 1 godziny może być przetransportowane do sopockiej plaży z Zatoki Puckiej**

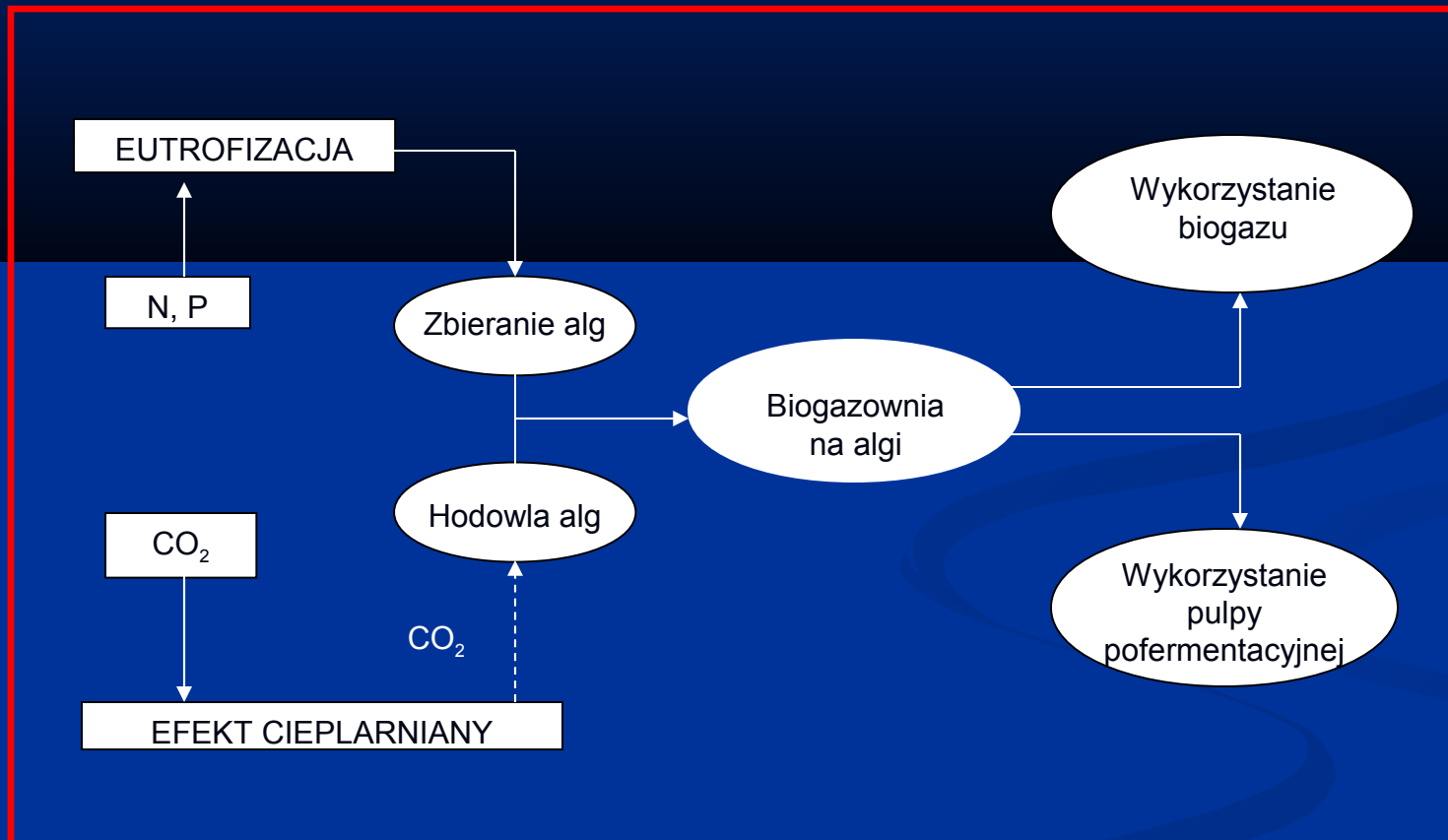


# Koncepcja produkcji biogazu

## Zamknięcie obiegu N i P



# Koncepcja produkcji biogazu



# Zbieranie alg

## Przykład 2

Widok urządzenia służącego do zbioru alg z powierzchni wody - specjalnej platformy unoszącej się na wodzie, gdzie napęd stanowią dwa boczne koła wyposażone w łopatki zagarniające wodę, a elementem oddzielającym wodę od alg może być ruchomy pas wykonany z półprzepuszczalnej membrany, przez którą przesącza się woda.

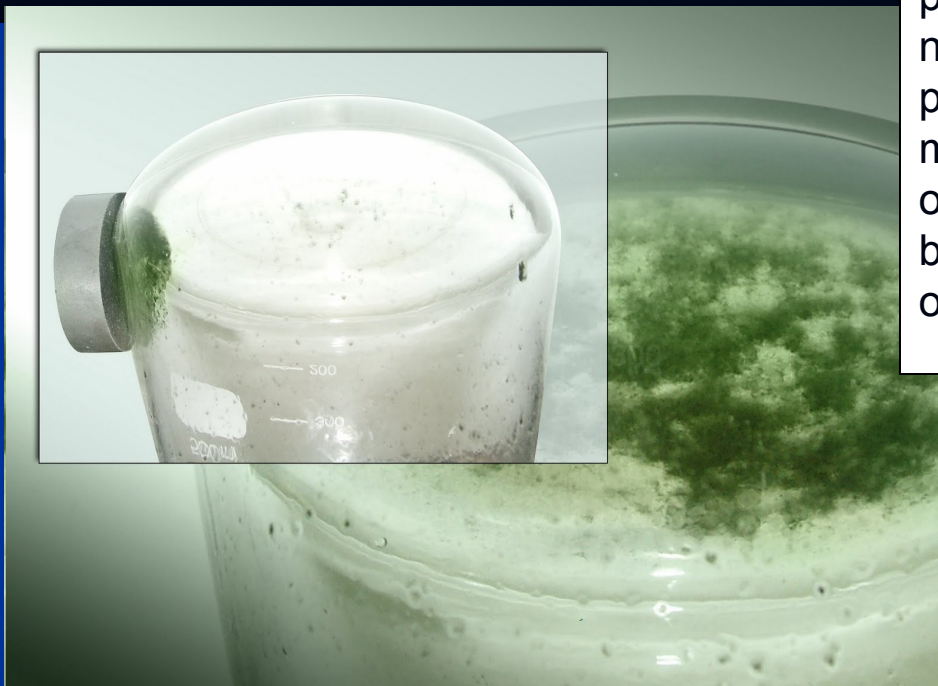




# Zbieranie alg

## Przykład 3: Siemens

Firma Siemens opatentowała metodę zbierania alg za pomocą cząstek magnetytu (tlenku żelaza) o wielkości rzędu mikrometrów. Metoda ta poprzedzona była badaniami naukowymi, w których udowodniono, że po zmieszaniu alg z cząstkami magnetytu, mieszaninę tą można oddzielić z wody za pomocą magnesu, bez konieczności filtracji lub odparowywania wody .



# Zbieranie alg

## Pozostałe metody

### ■ Flotacja pianowa w kolumnach

Stabilna kolumna piany wraz z algami zbierana jest w górnej części kolumny. Zagęszczenie zbieranych alg jest funkcją pH, stopnia napowietrzania, porowatości aeratora, stężenia alg w wodzie dopływającej do kolumny oraz wysokości piany w kolumnie.

### ■ Filtracja na membranach celulozowych z użyciem pompy próżniowej

Metoda ta pozwala na zagęszczenie materiału alg z 20 l do 300 ml wody w czasie 3 h.

### ■ Zbierania alg z powierzchni jezior (patent z Chin)

Instalacja składa się z rurociągu, urządzenia do rozdzielania wody i zawieszonych w niej alg oraz pompy. Rurociąg umieszczony jest na unoszącej się na wodzie platformie a jego wylotowa część zlokalizowana jest pod wodą.

### ■ Flokulacja

### ■ Odwirowanie

Źródła:

Levin G.V., Clendenning J.R., Gibor A., Bogar F.D. (1962) Harvesting of algae by froth flotation. *Applied Microbiology*, 10, pp 169-175

Yiping Huang, Yichun Ye, Wei Xia, Jingfu Xu (2009) Blue algae collection system, Patent zgłoszony przez 'Sichuan Dutch Sino Separation', Nr CN 101560046 (A)

# Hodowla alg

## Zalety w porównaniu z innymi roślinami

- Zapewniają szybki wzrost,
- Wymagają mniej konserwacji,
- Nie konkurują z roślinami spożywczymi o teren czy dostęp do wody,
- Mogą bytować w różnych środowiskach (wody słone i słodkie),
- Są efektywniejsze w przetwarzaniu energii słonecznej na biomasę,
- Ulegają szybszej biodegradacji z racji na ich prostszą strukturę,
- Mają wyższą wydajność energetyczną w przeliczeniu na powierzchnię upraw,
- Zapewniają szybsze pochłanianie CO<sub>2</sub>



Źródła:

The Sustainable Fuels from Marine Biomass project, BioMara: [www.biomara.org](http://www.biomara.org)

<http://www.kenayag.com.pl/pokaz1/1.jpg>

# Hodowla alg

## Wpływ na środowisko i cykl życia alg (LCA)

- Konwencjonalne rośliny energetyczne (kukurydza, rzepak) mają niższy wpływ na środowisko niż algi w kontekście zużycia energii, wody i emisji gazów cieplarnianych, niezależnie od miejsca uprawy,
- Tylko w kontekście użytkowania gruntów i potencjalnej eutrofizacji algi wypadają lepiej,
- W celu zmniejszenia tego wpływu, spaliny z elektrowni węglowych zawierające CO<sub>2</sub> a w większym stopniu ścieki jako źródło N i P mogłyby być wykorzystane do rekompensaty większości obciążeń środowiskowych związanych z hodowlą alg,
- Stwierdzono, że taki scenariusz produkcji alg zmniejsza ich wpływ na środowisko i czyni tą produkcję bardziej zrównoważoną niż w przypadku tradycyjnych roślin uprawnych

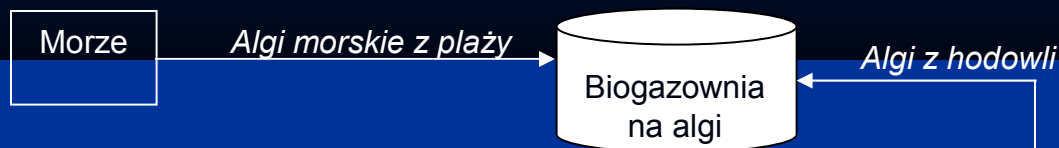
### Źródła:

- Yeoung-Sang Yun, Sun Bok Lee, Jong Moon Park, Choong-I Lee, Ji-Won Yang (1997) Carbon dioxide fixation by algal cultivation using wastewater nutrients. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, 69, 451-455
- [1] Samson R., LeDuy A. (1982) Biogas production from anaerobic digestion of *Spirulina maxima* algal biomass. *Biotechnology and Bioengineering*, 24, pp. 1919-1924
- [1] Clarens A. F., Resurreccion E. P., White M. A. and L. M. Colosi (2010) Environmental Life Cycle Comparison of algae to other bioenergy feedstocks. *Environ. Sci. Technol.*, 44 , pp 1813-1819

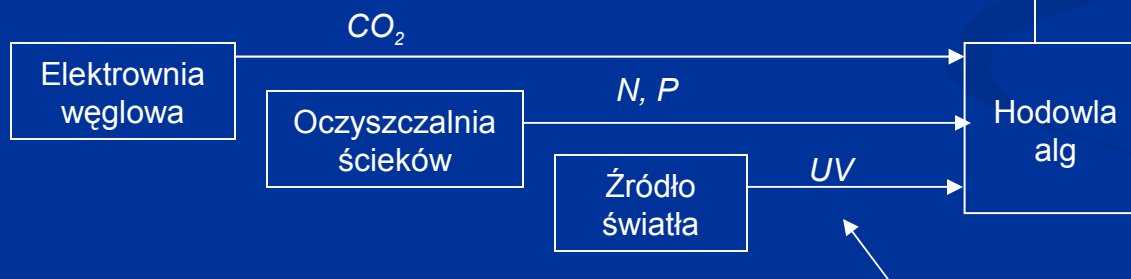
# Hodowla alg

## Wykorzystanie CO<sub>2</sub> oraz N i P ze ścieków

Wariant podstawowy (sezonowość występowania surowca)



Wariant rozszerzony (wyrównanie strat związanych z sezonowością)



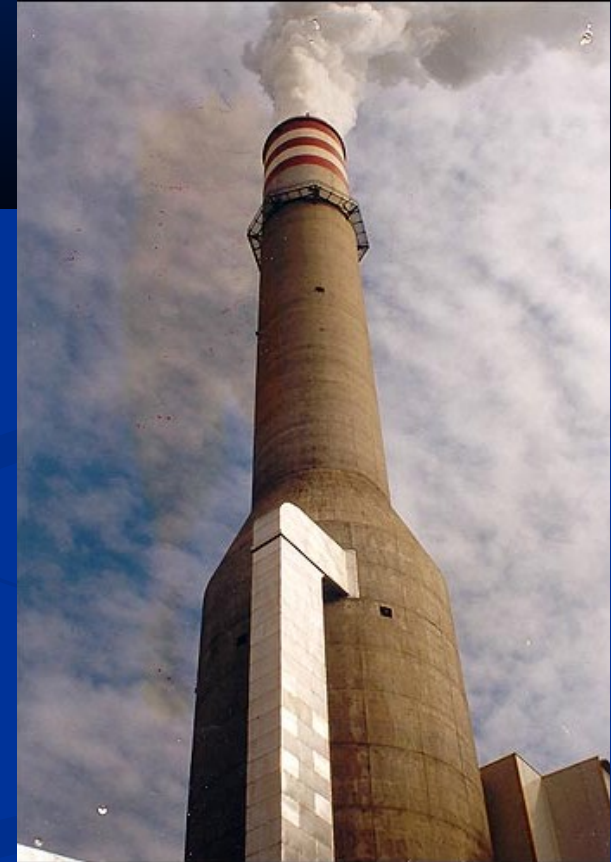
Naświetlenie w wysokości 50 □ 100 W/m<sup>2</sup> wystarczy do dobrego wzrostu. W Polsce średnie roczne nasłonecznienie wynosi 126 W/m<sup>2</sup>



# Hodowla alg

## Wykorzystanie CO<sub>2</sub> ze spalin z elektrowni

- Produkcja CO<sub>2</sub> w spalinach w elektrowni ok. 1 kg CO<sub>2</sub> / kWh,
- Uprawa alg wymaga od 1.5 do 3kg CO<sub>2</sub> / kg alg,
- Problem: zdefiniowanie szczepów alg, które będą akceptować gazy odlotowe z dużą ilością siarki i związków azotu zakładając niewielki lub niski koszt ewentualnego oczyszczenia gazu,
- Mimo spodziewanej toksyczności tlenków siarki i azotu, badania wykazały, że kilka szczepów alg (m.in. NANN02, NANNP2 i PHAEO2) tolerowało stężenia NO<sub>x</sub> do 300 ppm w spalinach,
- Surowy strumień spalin z elektrowni: 12-15 % CO<sub>2</sub> objętościowo. Alternatywą dla ograniczenia kosztów przesyłu surowych spalin i zagęszczenia CO<sub>2</sub> byłoby upłynnienie tego gazu



Źródła:

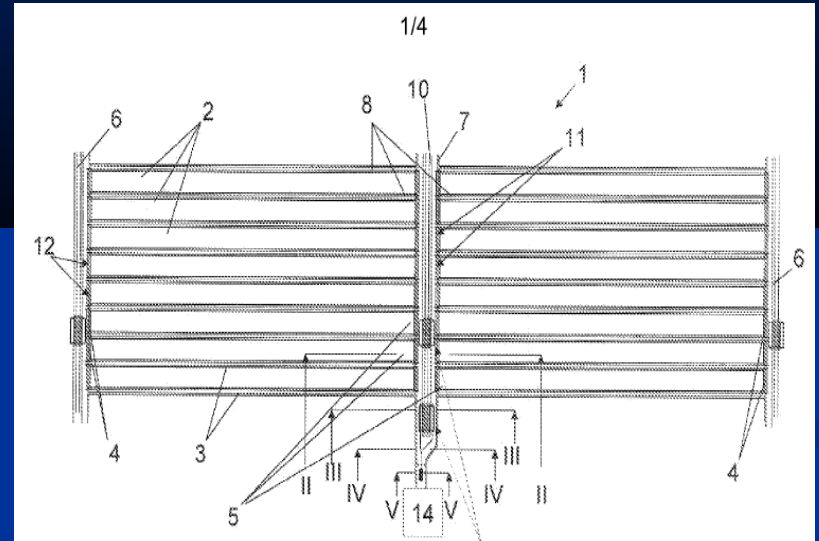
Rusing S.A. (2009) Examining CO<sub>2</sub> sources for algae, Advanced Cryogenics Ltd., BBI International report

# Hodowla alg

## Patent z Belgii

### Przykład 4: Belgia

Rusztowanie, na którym akumulują się kolonie alg, do hodowli i ułatwionego zbioru alg morskich zostało opatentowane w Belgii. Musi ono być zanurzone na niewielkiej głębokości w wodzie aby zapewnić dostęp promieni słonecznych oraz powinno być umieszczone w rzece, lub kanale, gdzie występuje przepływ wody prostopadle do całej konstrukcji aby zapewnić algom świeżą wodę obfitą w składniki odżywcze i nowe porcje rozpuszczonego CO<sub>2</sub>. Kiedy rusztowanie zostanie już całkowicie porośnięte organizmami morskimi, można je usunąć z wody i zebrać algi do dalszych celów .

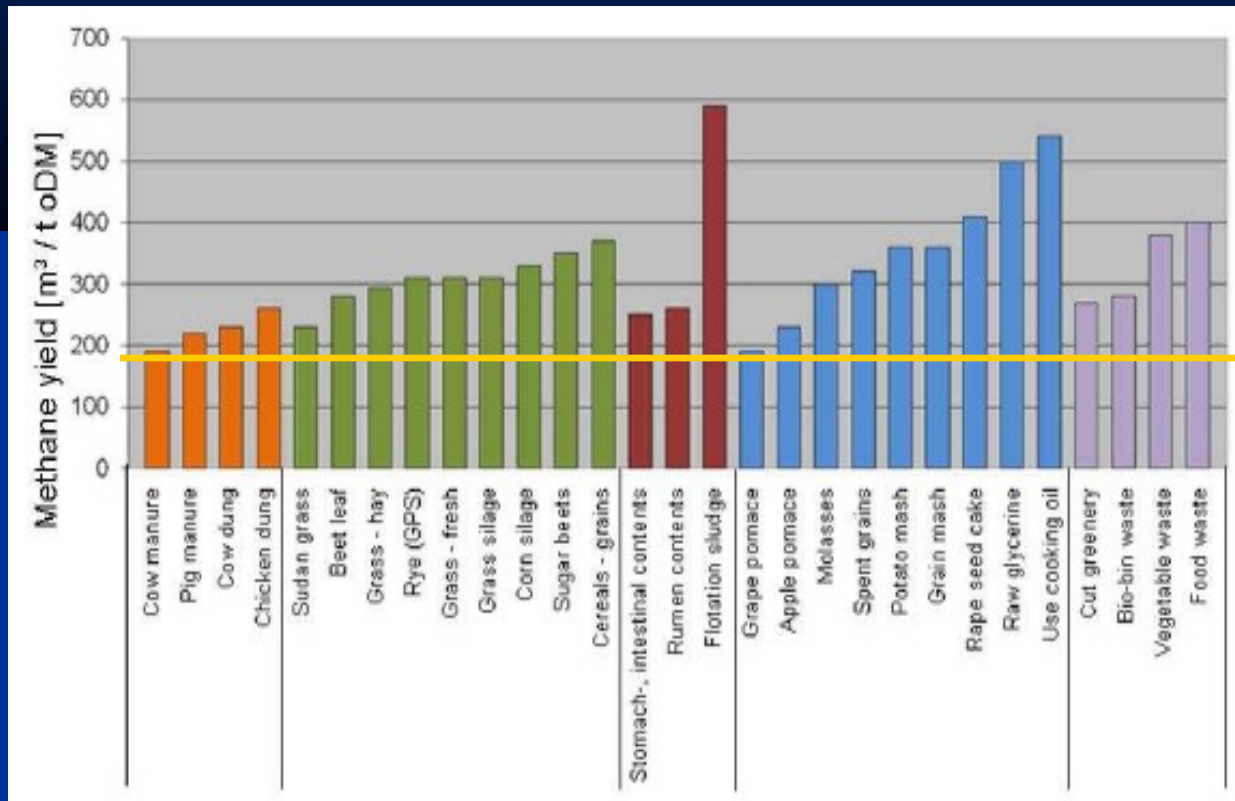


Źródła:

Vanhouste Koenraad, Vanhouste Jan (2009) Method for harvesting algae or plants and device used thereby, Patent zgłoszony przez 'SBAE Ind Nv', Nr WO 2009037355 (A1)

# Produkcja biogazu

## Porównanie z innymi substratami



Algi

(*Macrocystis pyrifera*,  
*Durvillea Antarctica*)

**65% metanu w  
biogazie**

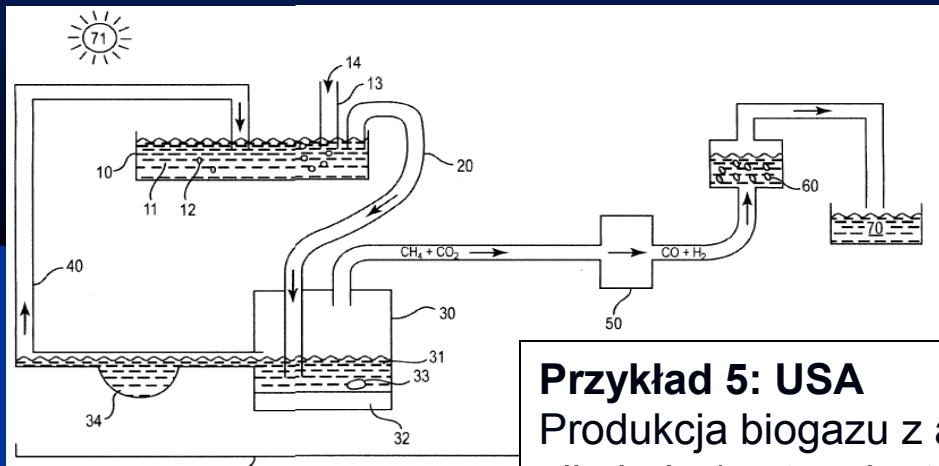
Źródła:

Vergara-Fernández A., Vargas G., Alarcón N. and Velasco A. (2008) Evaluation of marine algae as a source of biogas in a two-stage anaerobic reactor system. *Biomass and Bioenergy*, 32, pp 338-344,

T. Al Seadi, D. Rutz, H. Prassl, M. Köttner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen (2008) *Biogas Handbook for Eastern Europe*, University of Southern Denmark, Esbjerg.

# Produkcja biogazu

## Zastosowania



### Przykład 5: USA

Produkcja biogazu z alg oraz wykorzystania go do produkcji alkoholu (metanol, etanol) lub diesla za pomocą procesu Fischera-Tropsch'a. W procesie tym biogaz złożony z metanu i dwutlenku węgla (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) przetworzony jest w gaz syntezowy składający się z tlenku węgla i wodoru (CO, H<sub>2</sub>), który z kolei zostaje przetworzony na paliwo płynne w katalizatorze. W technologii tej stosuje się także recykulację części biogazu, bogatego w CO<sub>2</sub> z powrotem do basenu hodowlanego w celu dostarczenia dodatkowych ilości CO<sub>2</sub> potrzebnych w procesie fotosyntezy alg.

Źródła:

Offerman J.D., Mc Tavish H. (2009) Integrated systems for producing biogas and liquid fuel from algae, US Patent zgłoszony przez 'Novus Energy Llc', Nr US 2009/0321/349 A1

# Produkcja biogazu

## Zastosowania

### Przykład 6: Włochy

Naukowcy opracowali metodę sezonowego odzysku energii z alg (*Ulva*, *Glacilaria*, *Chetomorpha*, *Valonia*) w regionie turystycznym Jesolo w Wenecji. Technologia ta składa się z następujących procesów:

- Rozdzielanie wody zawierającej algi na frakcję suchą i mokrą obejmujące filtrację, mycie, mielenie i kompresję ciśnieniową,
- Przesączenie frakcji mokrej przez złożę bakterii beztlenowych, osadzone na stałej konstrukcji w przeciągu 24 godzin celem oszczędności na wielkości późniejszej komory fermentacyjnej biogazowni,
- Fermentacja beztlenowa
- Usuwanie dwutlenku węgla z biogazu za pomocą adsorpcji-desorpcji w roztworze etanolaminy w celu uszlachetniania biogazu (odzysku metanu),
- Kogeneracja energii elektrycznej i ciepłej,

#### Źródła:

Croatto, U. (1985) Improved technologies in biogas production from algae of the Venice Lagoon and waste treatment, Proceedings of the International Conference on Biomass, 25-29 March 1985, Venice. In: Energy from Biomass, eds. Palz W., Coombs J., Hall D.O., Elsevier Applied Science Publishers, England



# Produkcja biogazu

## Zastosowania

### Przykład 7: Szwecja (Trelleborg)

Projekt WAB (Wetlands-Algae-Biogas) dofinansowany z South Baltic Programme zakłada budowę pilotażowej biogazowni. Surowiec do biogazowni będzie uzupełniony przez biomasę z podmokłych łąk zrekonstruowanych przez właścicieli gruntów w celu zatrzymania odcieków azotu z pól uprawnych do morza a także przez inne produkty rolnicze. Dodatkowo surowiec stanowiąc będą algi wykorzystujące azot zawarty w odciekach z pól uprawnych – uprawiane w specjalnych rowach, do których prowadzone są odcieki. Poza tym Szwecja zobowiązała się ograniczyć emisję fosforu do 290 ton rocznie od 2007 do 2021 r. zgodnie z zaleceniami Komisji Helsińskiej (HELCOM). Szacuje się, że projekt ten wpłynie na redukcję emisji fosforu w jednej trzeciej tej wartości. Szacuje się, że biogazownia będzie w stanie wyprodukować 350 GWh rocznie, co stanowi więcej energii niż obecne zużycie jej przez gminę Trelleborg. Algi mają być zbierane całego wybrzeża Skanii. Dodatkową zaletą produkcji biogazu z alg w Trelleborgu będzie zasilanie promów pasażerskich uzyskaną energią elektryczną. Celem projektu jest zasilenie wszystkich promów pasażerskich (40 przyjazdów i odjazdów dziennie) energią z biogazu do roku 2015.

Źródła:

Bark, S. (2010) Algal digestion produces biogas and a cleaner Baltic, Trelleborg municipality environment council, available at: [http://www.se2009.eu/en/the\\_presidency/me-we/me-we\\_and\\_the\\_eu\\_baltic\\_sea\\_strategy/algal\\_digestion\\_produces\\_biogas\\_and\\_a\\_cleaner\\_baltic](http://www.se2009.eu/en/the_presidency/me-we/me-we_and_the_eu_baltic_sea_strategy/algal_digestion_produces_biogas_and_a_cleaner_baltic)

# Pulpa pofermentacyjna

## Utylizacja

- Mniejsza zawartość suchej frakcji, większa zawartość azotu amonowego,
- Mechaniczna separacja na frakcję stałą bogatą w fosfor i frakcję ciekłą bogatą w azot,
- Ewentualnie suszenie, brykietowanie, produkcja pelet,
- Metale ciężkie?

Algi z sopockiej plaży: występowanie stale monitorowane na przestrzeni 2 lat (2004-2006), analiza: na zawartość metalociężkich, radionuklidów i zanieczyszczeń organicznych, naturalna degradacja.

- Nawóz? W Polsce zużycie takiego nawozu jest dozwolone, jednak do tej pory te nawozy były jedynie importowane. W przypadku alg z sopockiej plaży, nie ma pewności, że spełnią one wymagania polskiego prawa i utrudnione będzie uzyskanie odpowiednich certyfikatów, dlatego poszukuje się alternatywnych sposobów ich utylizacji (np. kompostowanie lub materiał użyty w parkach miejskich).

Źródła:

Filipkowska A., Lubecki L., Szymczak-Żyła M., Kowalewska G., Żbikowski R., Szefer P. (2008) Utilisation of macroalgae from the Sopot beach (Baltic Sea), *Oceanologia*, 50 (2), pp. 255–273

Dziękuję za uwagę