



XXVIII MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWA  
„Problemy Zrównoważonego Rolnictwa, Ochrona Obszarów Wiejskich,  
Zasobów Wodnych i Środowiska”

**Tworzenie depozytów w silnikach gazowych wykorzystujących biogaz rolniczy.  
Formation of deposits in gas engines using agricultural biogas.**

J. Cebula (1) , I. Konkol (1) ,L. Świerczek (1) A. Cenian (1) H. Sopa (2)

(1) Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk. Zakład Fizycznych Aspektów Ekoenergii. ul. Fiszera 14 80-231 Gdańsk. j.cebula@gmail.com

(2) Partner HS/SSerwis ul. Barcioka 27a 44-282 Czernica

21-22 September 2022

# **Wprowadzenie**

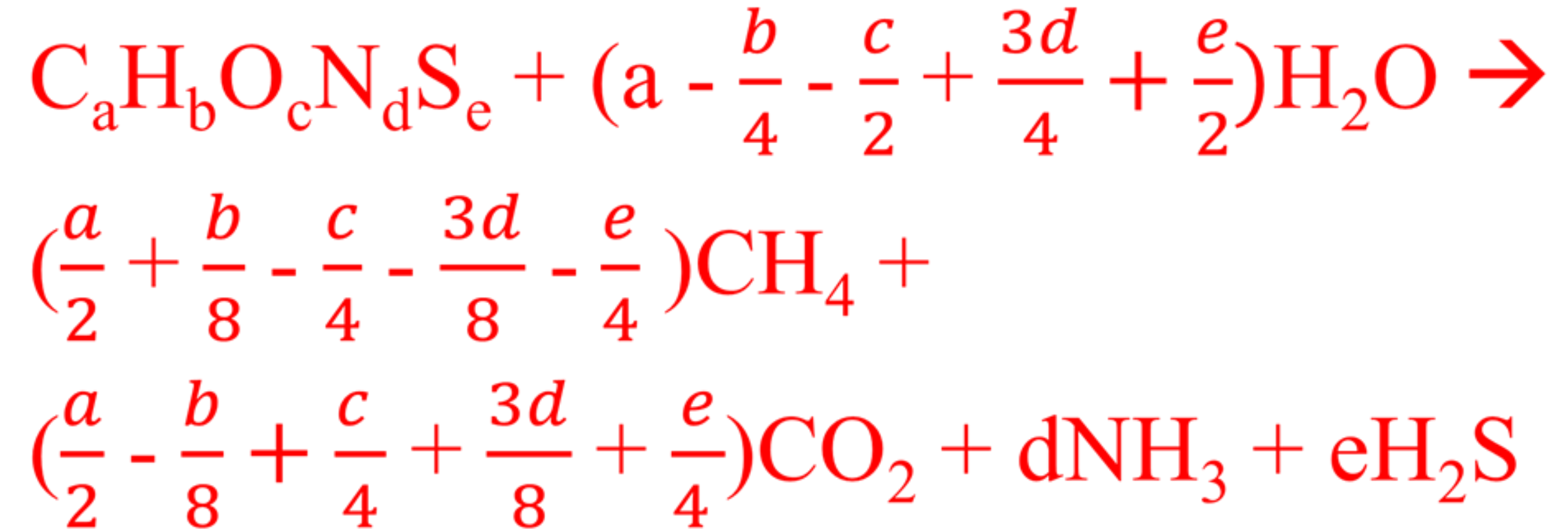
W Polsce w 2020 roku wyprodukowano 158,043 TWh prądu elektrycznego.

Potencjał produkcji biogazu i możliwość wyprodukowania z niego energii elektrycznej wynosi około 30 TWh. Stanowi to około 20% aktualnie produkowanej energii elektrycznej. Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne mogą ten bilans poprawić.

W Polsce istnieją warunki do budowy kilkunastu tysięcy biogazowni rolniczych. Z uwagi na powierzchnie gospodarstw rolnych powinny to być biogazownie o mocy 25 do 100 kW.

Nie należy rezygnować z doświadczeń zdobytych wcześniej w produkcji, uzdatniania i wykorzystania biogazu w wielu ośrodkach badawczych w warunkach krajowych.

**Fermentację metanową biomasy można opisać zależnością Buswella**

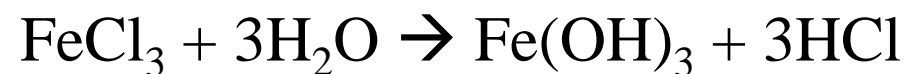


## USUWANIE SIARKOWODORU

Do przestrzeni gazowej wprowadza się powietrze lub tlen. Objętość doprowadzanego powietrza wynosi ok. 4 ÷ 5% objętości wytwarzanego biogazu. Zachodzi wtedy reakcja:



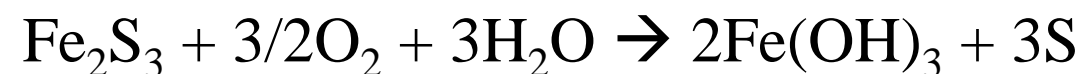
Wytworzona w reakcji siarka elementarna zbiera się na ścianach komory fermentacyjnej oraz na powierzchni fermentowanej biomasy. W obecności dodatku związków żelaza np. PIX-u zachodzi w komorze fermentacyjnej szybka reakcja hydrolizy:



a następnie szybkie wiązania siarkowodoru



Pod wpływem tlenu w obecności wody zachodzą reakcje utlenienia siarczku żelaza:



W warunkach redukcyjnych istniejących w komorze fermentacyjnej zachodzi reakcja redukcji:



Pod wpływem tlenu zachodzi w fazie wodnej hydroliza i utlenienie siarczku żelaza (II):



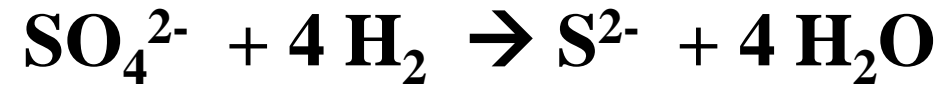
# Węgiel aktywny zdezaktywowany związkami siarki



## **Reakcje redukcji siarczków i siarczanów w fazie ciekłej**

Zachodzące w komorze fermentacyjnej reakcje redukcji siarczanów można

zapisać:

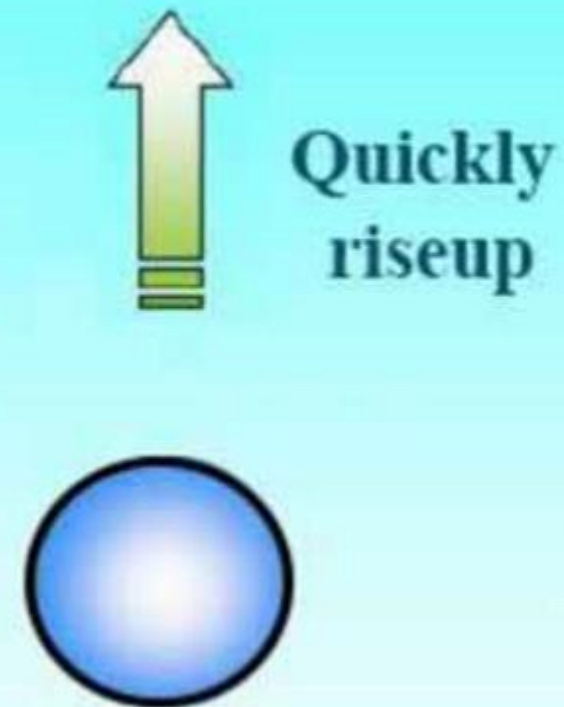
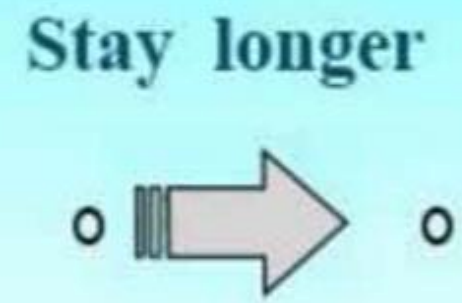


Do komory fermentacyjnej często wprowadzane są zagnite ścieki lub osady ściekowe. Zawierają one siarczki w postaci rozpuszczalnej - jonowej. Jony siarczkowe ulegają pod wpływem tlenu utlenieniu do siarki elementarnej.



Ta forma jonowa siarczków, która występuje w roztworze może zostać utleniona do siarki elementarnej lub przejść do fazy gazowej w postaci siarkowodoru. Siarkowodór rozpuszczony w biogazie lub w fazie wodnej pod wpływem tlenu ulega utlenieniu.





**Nano bubble**

**Micro bubble**

**Ordinary bubble  
(Macro bubble)**

$<1 \mu\text{m}$

$1-100 \mu\text{m}$

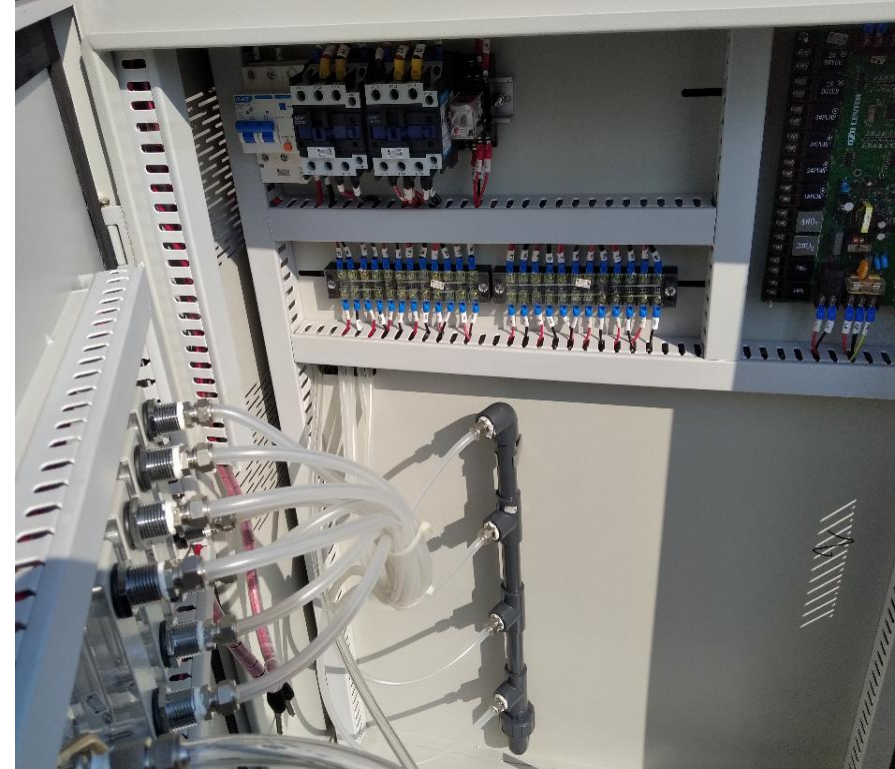
$100 \mu\text{m} - 2 \text{mm}$





**Oczyszczanie  
biogazu można  
zintensyfikować  
wprowadzając  
mikronatlenianie  
fazy ciekłej.**

**Części składowe  
instalacji do  
mikronatleniania  
na placu  
montażowym**





Części składowe  
urządzenia do  
mikrooksydacji w  
obudowie



Montaż butli  
tlenowych,  
koncentratora  
tlenu i reszty  
wyposażenia w  
kontenerze





# Montaž kompresora





Montaż „serca”  
urządzenia do  
mikronatleniania  
w biogazowni  
rolniczej.





„Serce” urządzenia do mikronatleniania  
zamontowane w rurociągu w biogazowni rolniczej





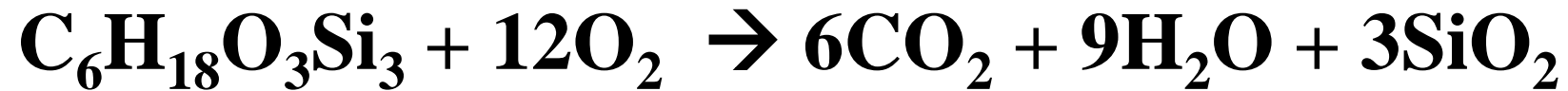
Urządzenie do  
mikronatleniania  
zamontowane w  
biogazowni  
rolniczej



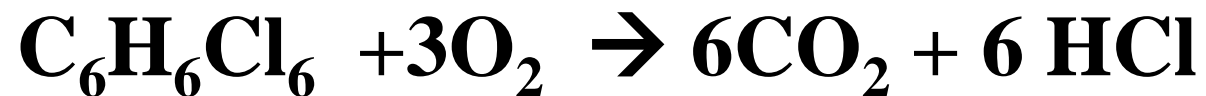


## Reakcje uboczne

W komorze fermentacyjnej zachodzą reakcje mineralizacji. Reakcje redukcji związków trudno rozkładalnych wymagają w ścieżce metabolicznej przejściowo dostępu do tlenu. Dotyczy to takich związków jak celuloza, lignina i hemiceluloza. Organiczne związki krzemu pod wpływem tlenu ulegają mineralizacji.



Podobnie trudno rozkładalne związki zawierające chlor mogą ulegać rozkładowi w komorze fermentacyjnej w obecności tlenu.



Rozkład trudno rozkładalnych związków sprzyja wzmożonej produkcji

Różny skład chemiczny depozytu  
w poszczególnych częściach  
zaworu



## Wyniki analiz składu chemicznego depozytu zebranego z zaworu silnika

Pierwiastek	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	Pomiar 5
Tlen	32,41	46,61	40,59	49,42	40,57
Wapń	33,22	24,71	21,78	21,55	27,13
Żelazo		0,97	0,85	0,54	0,36
Miedź			0,76	0,62	0,40
Siarka	23,75	18,51	12,57	17,18	18,05
Sód	1,79	3,03	7,47	3,79	3,98
Fosfor	2,64	1,77	5,73	2,14	3,32
Cynk	6,18	3,90	10,08	4,19	6,07
Mangan		0,51	0,16	0,57	0,13



# Wyniki analiz składu chemicznego depozytu z zaworu silnika

Pierwiastek	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	Pomiar 5
Tlen	35,57	42,15	20,91	49,22	44,51
Wapń	35,06	25,49	39,97	29,49	24,67
Żelazo	0,71	0,15	0,90		
Miedź	2,11	0,80	2,17	1,34	0,72
Węgiel					5,32
Siarka	16,25	18,98	21,47	15,71	16,04
Sód	1,85	4,08	0,90	3,49	3,01
Fosfor	2,84	2,34	3,13	2,05	1,73
Cynk	5,26	5,97	9,88	3,71	4,00
Mangan	0,35	0,04	0,67		

# WIOSKI I UOGOLNIENIA

Na podstawie przeprowadzonych badań, obserwacji, studiów literaturowych można wyciągnąć następujące wnioski i uogólnienia:

1. Zaprojektowano i skonstruowano urządzenie służące do wytwarzania i dozowania nanocząsteczek tlenu do fazy ciekłej w komorze fermentacyjnej.
2. Zamontowano urządzenie służące nanonantleniania w biogazowni rolniczej.
3. Przeprowadzono pierwsze pomiary i obserwacje pracy urządzenia. Wyniki pomiarów usuwania siarkowodoru są zaskakująco pozytywne. Nanontlenianie osadów w celu usuwania siarkowodoru zmniejszyło stężenie siarkowodoru 10 krotnie w biogazie rolniczym.
4. Pomiary będą prowadzone w cyklu rocznym. Przewiduje się dalsze



# Dziękuję za uwagę

Badania współfinansowane z Projektu WND-RPSL.01.02.00-24-063B/17 realizowanego przez Partner HS Halina Sopa, z Czernicy, pt. „Opracowanie innowacyjnej instalacji uzdatniania i sprężania gazu pokopalnianego”, współfinansowanego przez UE ze środków EFRR w ramach RPO Woj. Śląskiego na lata 2014-2020 dla osi priorytetowej: I. Nowoczesna gospodarka dla działania: 1.2. Badania, rozwój i innowacje w przedsiębiorstwach.



Rzeczpospolita  
Polska



Śląskie.

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego

