



# „ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE STACJONARNEJ INSTALACJI MEMBRANOWEJ DO WZBOGACANIA BIOGAZU”



Autor pracy: Monika Małgorzata Szolucha

Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Andrzej Grzegorz Chmielewski

Praca inżynierska wykonana w roku akademickim 2012/2013

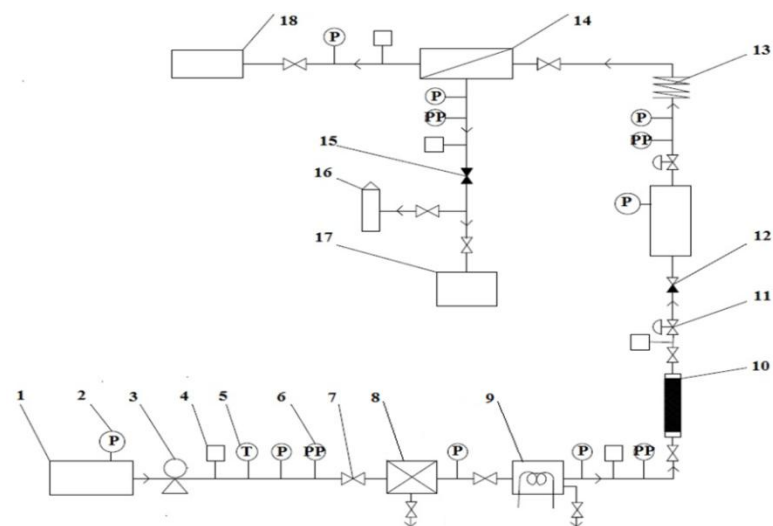
## Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Kierunek: Inżynieria Chemiczna i Procesowa, Zakład Kinetyki i Termodynamiki Procesowej

**Celem pracy** są założenia projektowe stacjonarnej instalacji membranowej do wzbogacania biogazu w metan dla biogazowni rolniczej o mocy 400 kW.

**Zakres pracy obejmuje:** przegląd literaturowy (podstawowe parametry energetyczne biogazu, jego sposób wytwarzania oraz wykorzystania, techniki oczyszczania i wzbogacania biogazu w metan, membranowe techniki separacji gazów, konstrukcje modułów membranowych oraz sposoby ich łączenia), bilans masowy instalacji, dobór odpowiednich parametrów pracy instalacji, dobór elementów instalacji oraz aparatury kontrolno – pomiarowej z wykorzystaniem wyników dotychczasowych prac prowadzonych przez Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie oraz Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej.

Zastosowanie technik membranowych do wzbogacania biogazu w metan wymaga wcześniejszego oczyszczenia biogazu z cząstek stałych, pary wodnej oraz siarkowodoru. Cząstki stałe często usuwane są za pomocą wymiennych filtrów włókninowych zainstalowanych w rurach przesyłowych. Gaz może być osuszany, np. w kolumnach adsorpcyjnych z wypełnieniem (żel krzemionkowy) oraz za pomocą kluczy hydraulicznych, trójników, którymi zbierany jest kondensat w najniższych punktach instalacji. Do usunięcia siarkowodoru można użyć skrubera wodnego, kolumnę adsorpcyjną z wypełnieniem (węgiel aktywny, ruda darniowa, gotowy produkt handlowy, np. Biosulfex®).

Retentat (biogaz wzbogacony) może być spalany w kogeneratorach, które produkują energię elektryczną i ciepłą, kotłach ciepłowniczych, zaś jego nadmiar w pochodni. Zastosowanie kilku modułów membranowych w celu doczyszczenia retentatu powoduje wzrost wydajności procesu. Permeat (biogaz niewzbogacony) może być zawracany do hydrolizera, ponieważ dwutlenek węgla wypiera tlen ze świeżo wprowadzonej biomasy.



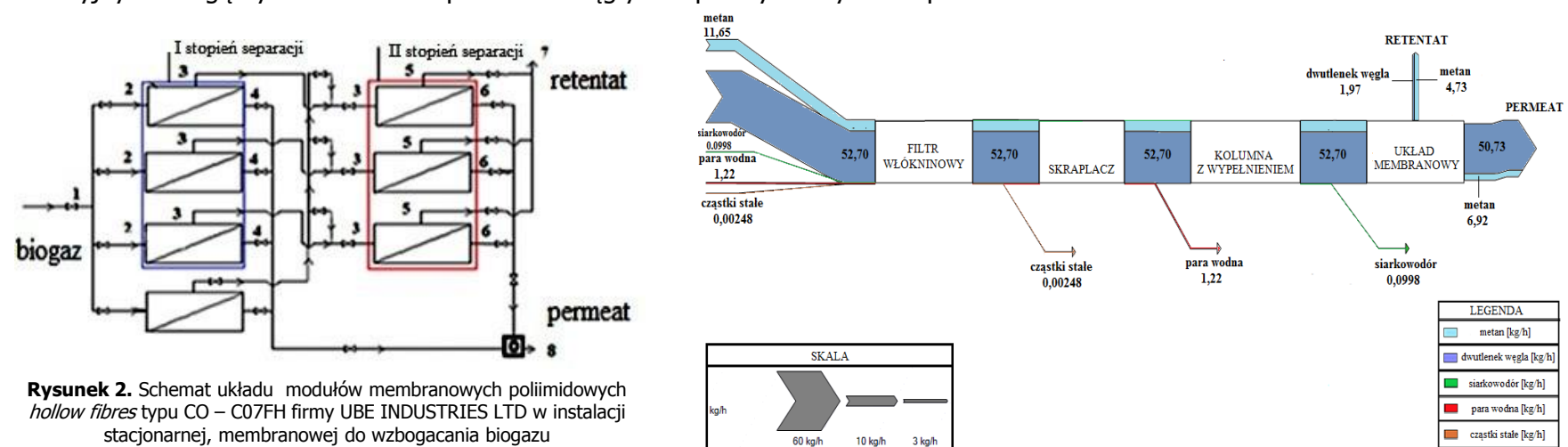
Rysunek 1. Schemat instalacji stacjonarnej, membranowej do wzbogacania biogazu w metan

Tabela 1. Spis elementów instalacji i aparatury kontrolno – pomiarowej

Poz.	Nazwa	Ilość
1	zbiornik biogazu	2
2	manometr	8
3	kompresor	1
4	głowica pomiarowa	5
5	czujnik temperatury	1
6	rotametr pływakowy	4
7	zawór kulowy	10
8	chłodnica z kluczem hydraulicznym	1
9	filtr włókninowy	1
10	kolumna adsorpcyjna z wypełnieniem	1
11	zawór redukcyjny ciśnienia	2
12	zawór bezpieczeństwa	1
13	kompensator	1
14	układ membranowy	1
15	zawór iglicowy	1
16	pochodnia	1
17	kogenerator	1
18	hydrolizator	1

Praca dyplomowa inżynierska wykonana w ramach etapu badawczego 2.1.C – „Zatężanie metanu w biogazie uzyskanym podczas fermentacji i kofermentacji odpadów lignocelulozowych”, Zadanie nr 4 – „Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych”, Program Strategiczny – Zaawansowane Technologie Pozyskiwania Energii, z wykorzystaniem wyników prac prowadzonych przez Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie oraz Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej.

Zastosowanie techniki membranowej umożliwia wzbogacenie biogazu w metan od 55 % obj. do 93 % obj. metanu w retentacie przy użyciu dwóch stopni zatężania biogazu połączonych szeregowo. W instalacji do wzbogacania biogazu w metan można zastosować 6 identycznych modułów membranowych poliimidowych *hollow fibres* typu CO – C07FH firmy UBE INDUSTRIES LTD o całkowitej powierzchni membrany równej 74,4 m<sup>2</sup>. Dodatkowo stosowany jest zapasowy moduł membranowy w pierwszym stopniu zatężania. Zastosowane w instalacji stacjonarnej, membranowej do wzbogacania biogazu w metan membrany poliimidowe wykazują dużą przepuszczalność względem pary wodnej, siarkowodoru i dwutlenku węgla. W celu ochrony membrany przed zniszczeniem stosowane są dodatkowe instalacje do oczyszczania, osuszania oraz odsiarczania biogazu. Poliimidy są polimerami o wysokiej temperaturze zeszczenia. Są odporne na działanie związków chemicznych, również gazów korozyjnych. Mogą być stosowane w procesach ciągłych o podwyższonych temperaturach.



Rysunek 2. Schemat układu modułów membranowych poliimidowych *hollow fibres* typu CO – C07FH firmy UBE INDUSTRIES LTD w instalacji stacjonarnej, membranowej do wzbogacania biogazu od 55 % obj. do 93 % obj. metanu w retentacie

Rysunek 3. Wykres Sankey'a dla instalacji stacjonarnej, membranowej do wzbogacania biogazu w metan.

Tabela 2. Parametry prowadzenia separacji membranowej biogazu przy zastosowaniu dwóch stopni separacji membranowej (moduły membranowe typu CO – C07FH firmy UBE INDUSTRIES LTD)

numer strumienia	1	2	3	4	5	6	7	8
strumień objętościowy, Nm <sup>3</sup> /h	60	20	9,80	10,20	4,80	5	14,40	45,60
ciśnienie względne, bar	6	6	5,50	0	5	0	5	0
temperatura, °C	20	20	20	20	20	20	20	20
zawartość CH <sub>4</sub> , % obj. biogazu	55	55	70	40,56	93	47,90	93	43
zawartość CO <sub>2</sub> , % obj. biogazu	45	45	30	59,44	7	52,10	7	57

Z technicznego punktu widzenia, ważne jest uzyskanie wysokiego stopnia wzbogacania biogazu w metan oraz wysokiej wydajności separacji membranowej. Wielkość strumienia permeatu zależy od selektywności oraz przepuszczalności wybranej membrany. Uzyskanie wysokiego stężenia metanu w retentacie i dużego strumienia objętościowego permeatu jest możliwe przy zastosowaniu niższych wartości *stage cut*.