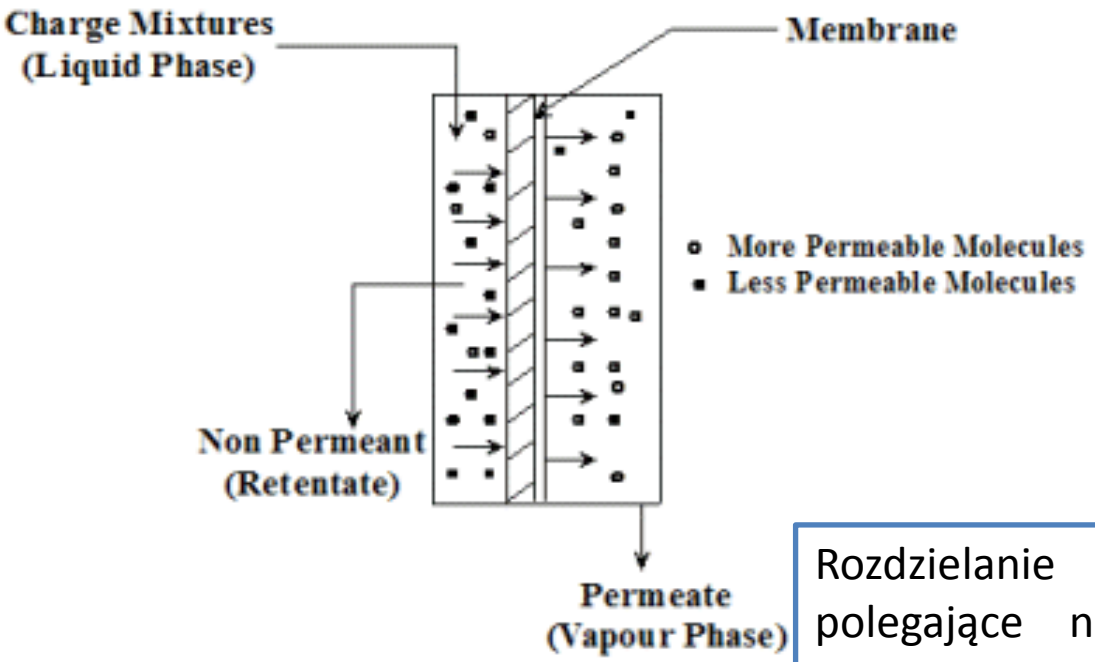
Wykład 7

Dyfuzyjne techniki membranowe (część 2)

Opracowała dr Elżbieta Megiel

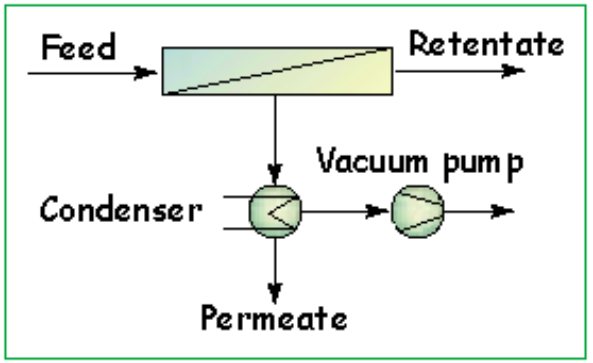
Perwaporacja (ang. Pervaporation) PV



1906 Kahlenberg rozdział mieszaniny węglowodorów i alkoholi przez błonę kauczukową, a w roku 1917 Kober wprowadził termin „perwaporacja”

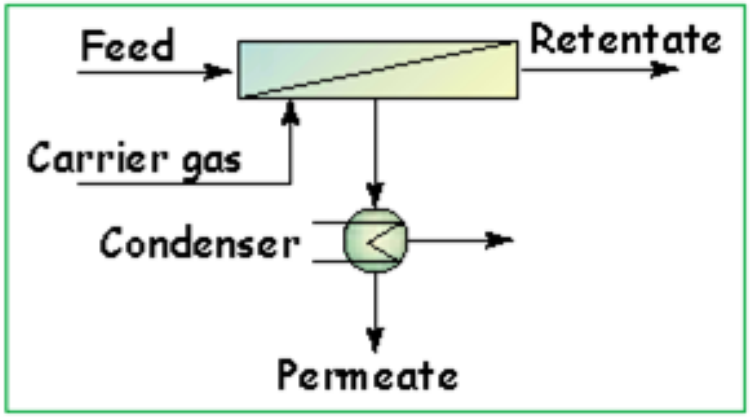
Rozdzielanie mieszanin ciekłych polegające na przemianie fazowej I stopnia z transportem masy przez nieporowatą liofilową membranę. Rozdział nie zależy od równowagi ciecz – para.

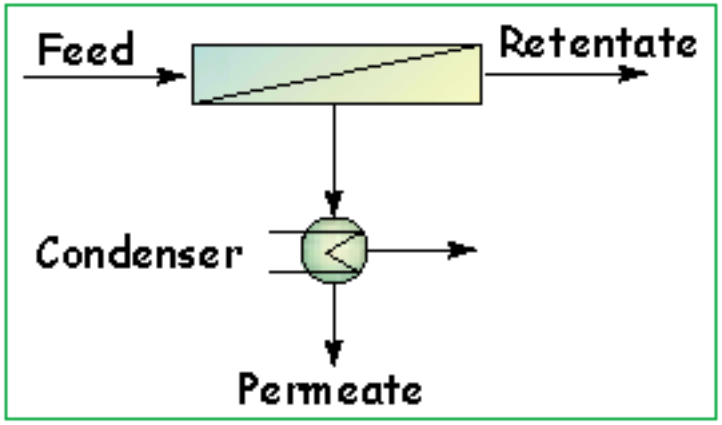
Perwaporacja (ang. Pervaporation) PV

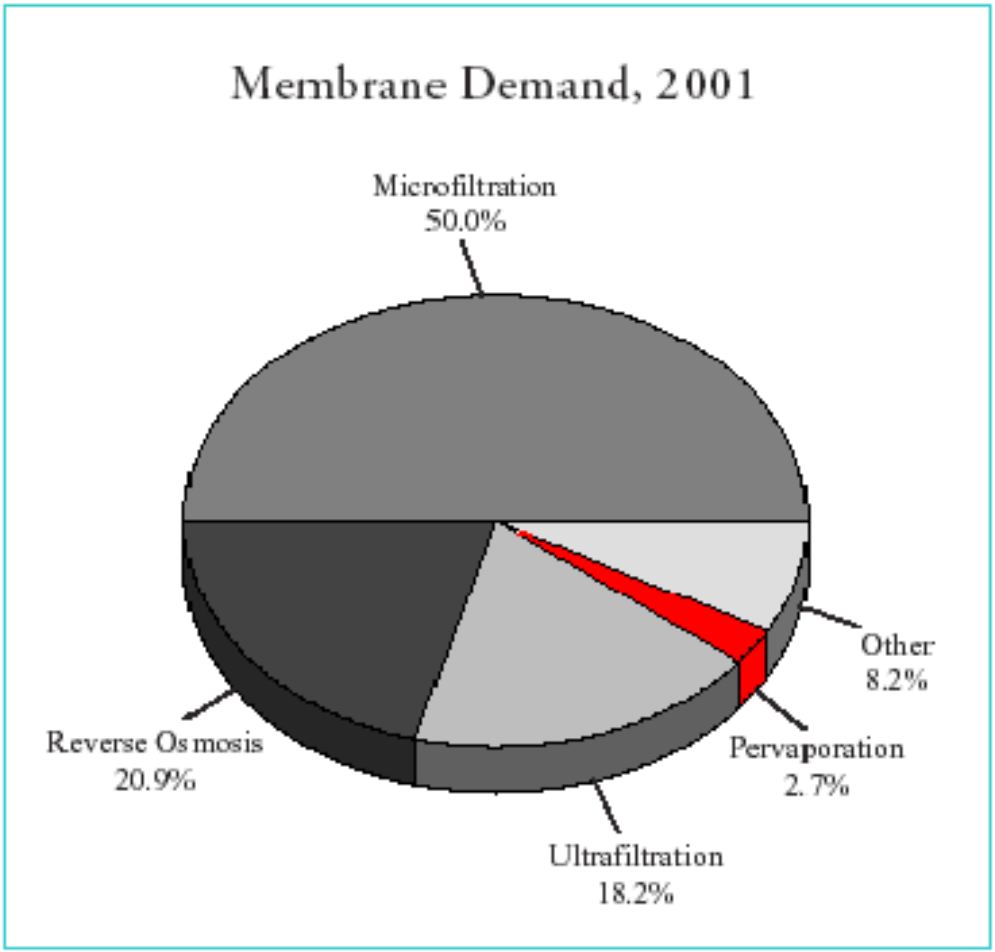


Sposoby prowadzenia:

- Perwaporacja próżniowa
- Perwaporacja z gazem nośnym
- Z zastosowaniem obniżonej temperatury (termoperwaporacja)






Membrane Demand, 2001
Microfiltration
50.0%
Other
8.2%
Pervaporation
2.7%
Ultrafiltration
18.2%
Reverse Osmosis
20.9%

Zastosowanie PV:

1. **Odwadnianie ciekłych mieszanin wodno – organicznych**

    - **Rozdzielanie mieszanin azeotropowych typu woda/EtOH, woda/i-propanol, woda/pirydyna**
    - **Odwadnianie rozpuszczalników organicznych, np. alkoholi, estrów, ketonów**

2. **Usuwanie ciekłych związków organicznych z wody**
    - **Usuwanie węglowodorów i ich chlorowcopochodnych z wód gruntowych i powierzchniowych**
    - **Dealkoholizacja wina i piwa**
    - **Zatężanie substancji zapachowych**
    - **Usuwanie produktów organicznych w procesie ciągłej fermentacji**

3. **Rozdział mieszanin dwóch lub więcej ciekłych związków organicznych**
    - **Rozdział izomerów np. ksylenów**
    - **Rozdział azeotropów np. metanol – eter metylowo t-butylowy (MTBE)**

Efektywność PV

- Współczynniki rozdzielenia α i wzbogacenia β zdefiniowane są równaniami (1) i (2):

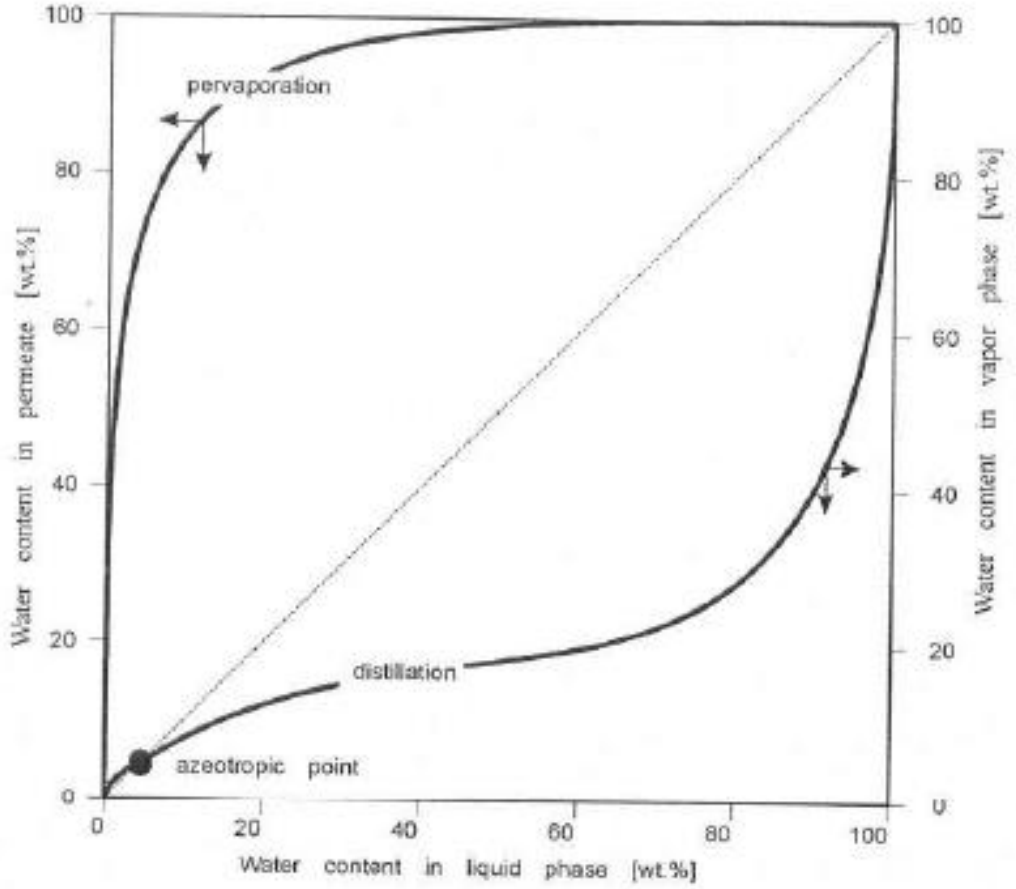
$$\alpha_{A/B} = \frac{Y_A / Y_B}{X_A / X_B} = \frac{J_A / J_B}{X_A / X_B}, \qquad (1)$$

$$\beta_{A/B} = \frac{Y_A}{X_A}. \qquad (2)$$

X_i oraz Y_i oznaczają ułamek (molowy lub masowy) składnika i, odpowiednio w nadawie oraz w permeacie, J_i – strumień cząstkowy składnika i, A odnosi się do składnika przenoszonego preferencyjnie przez membranę.

Diagram McCabe – Thiel'a

Porównanie efektywności rozdziału w perwaporacji z równowagą ciecz –para.



McCabe-Thiele separation diagram. Comparison of pervaporation selectivity with distillation selectivity. System: water-ethanol. Membrane: PVA composite hydrophilic membrane.

W procesie perwaporacji używa się gęstych nieporowatych membran liofilowych:

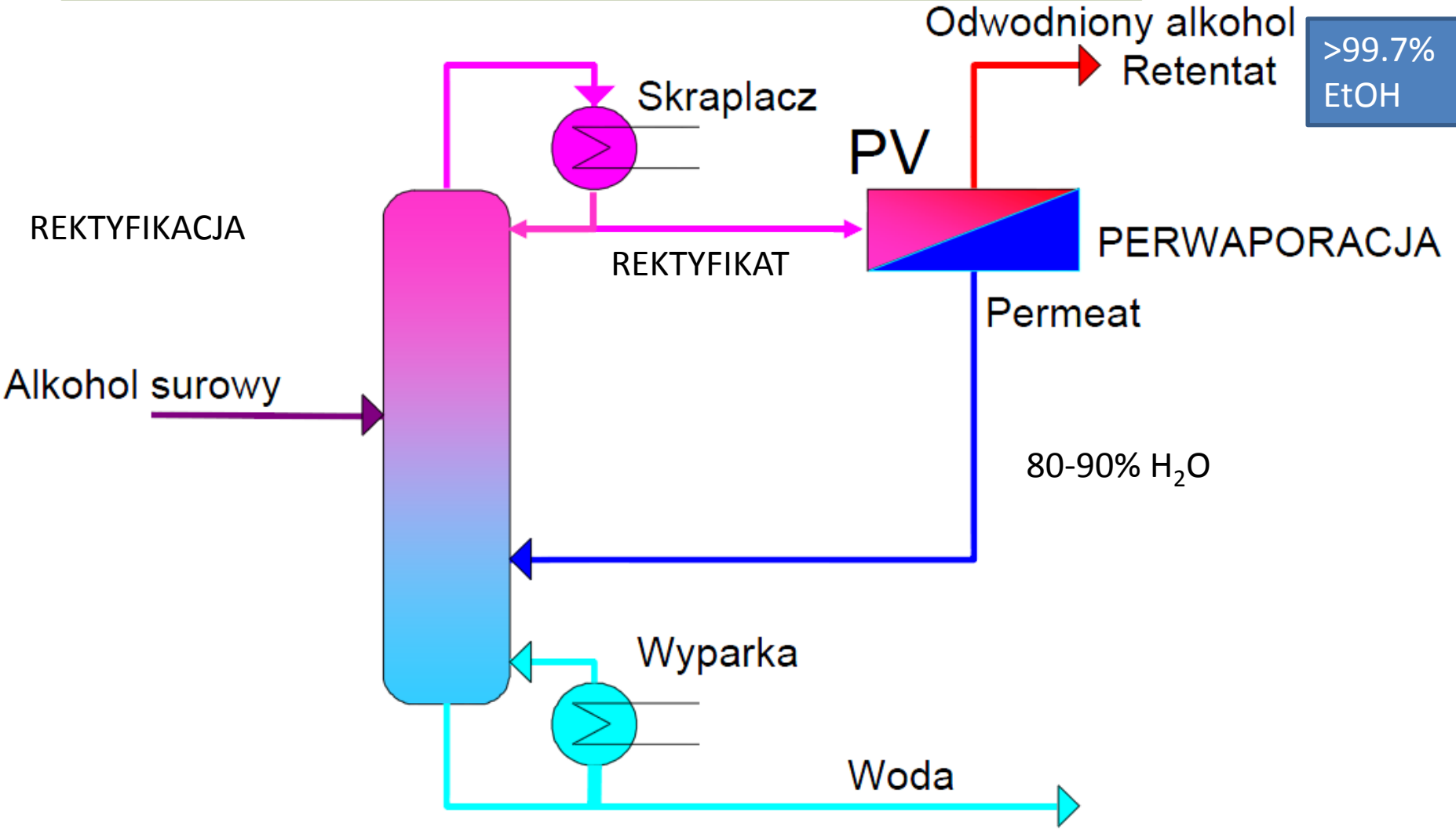
- membrany obojętne o charakterze hydrofilowym (np. z poliakrylonitrylu, poli(alkoholu winylowego), poliakryloamidu, octanu celulozy),

- membrany obojętne o charakterze hydrofobowym (np. z polistyrenu, poli(chlorku winylu), polietylenu, polipropylenu, polidimetylo-siloksanu),

- membrany jonowymienne mające charakter hydrofilowy

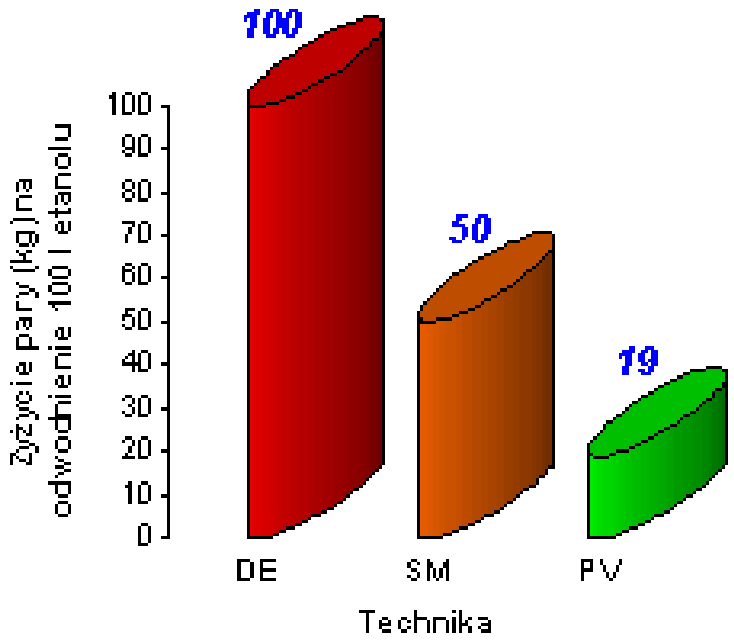
Układ hybrydowy do odwadniania etanolu

DO PRODUKCJI BIOETANOLU



Odwadnianie etanolu

- W dotychczasowych rozwiązaniach przemysłowych, odwadnianie azeotropu etanol-woda prowadzone jest metodą **destylacji ekstrakcyjnej** (np. z dodatkiem cykloheksanu) lub **metodą absorpcji wody na sitach molekularnych**.

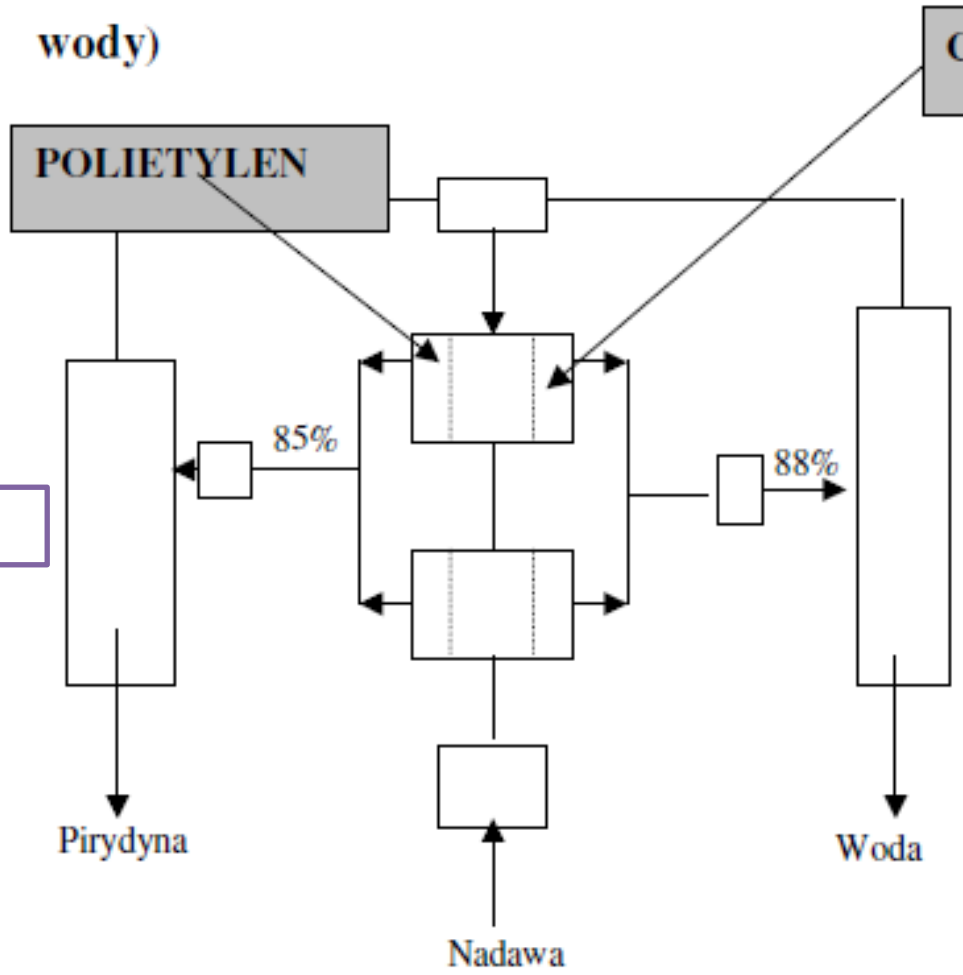


W Polsce – pierwsza instalacja do odwadniania etanolu metodą perwaporacji została uruchomiona w roku 2007.

Table 4. Organic solvents (other than ethanol) dehydrated by pervaporation[49]

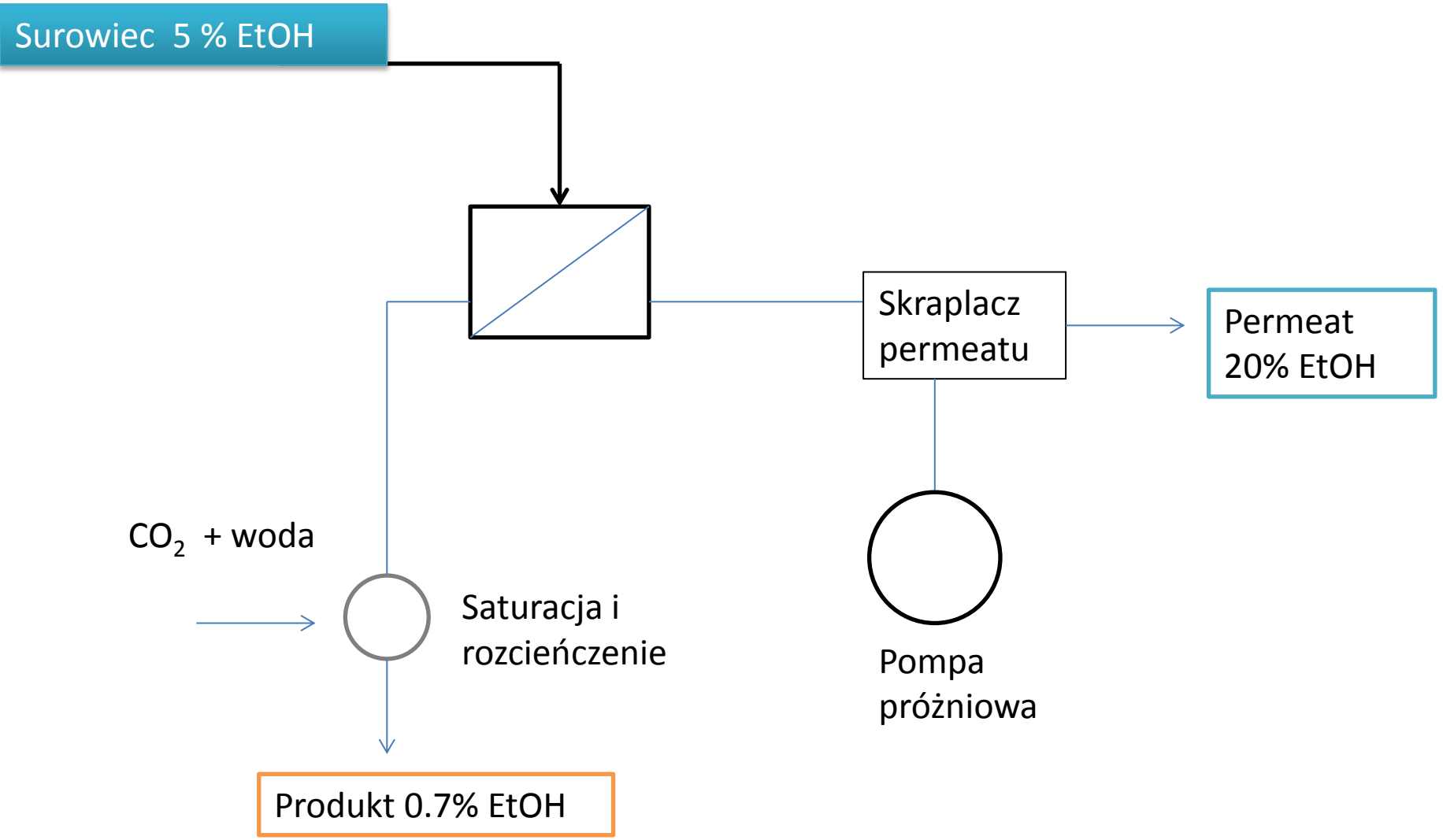
Solvent	Water Content		Solvent	Water Content	
	Feed (wt.%)	Product (ppm)		Feed (wt.%)	Product (ppm)
Isobutanol	8.4	135	Ethanol/MeOH	2.9	780
n-Butanol	5.4	800	Ethanol/benzene	14.1	320
t-Butanol	10.4	581	Allylalcohol	4.85	620
THF	0.4	220	Ethanol/IPA	0.6	610
Xylene	0.1	140	MEK	3.8	220
Methanol	7.1	1650	Methylene chloride	0.20	140
Methanol/IPA	0.21	300	Ethylene dichloride	0.22	10
Caprolactam	10.3	671	Chlorothene	0.0617	12

Rozdzielenie mieszaniny azeotropowej woda –pirydyna (41.3% wody)



rektyfikacja

rektyfikacja

Rozwiązanie Binninga lata 60-te XX wieku

Dealkoholizacja z wykorzystaniem PV