



ZAKLJUČNI PROCESI V BIOTEHNOLOGIJI

Membranski separacijski procesi:
diafiltracija, elektrodializa, reverzna
osmoza, pervaporacija

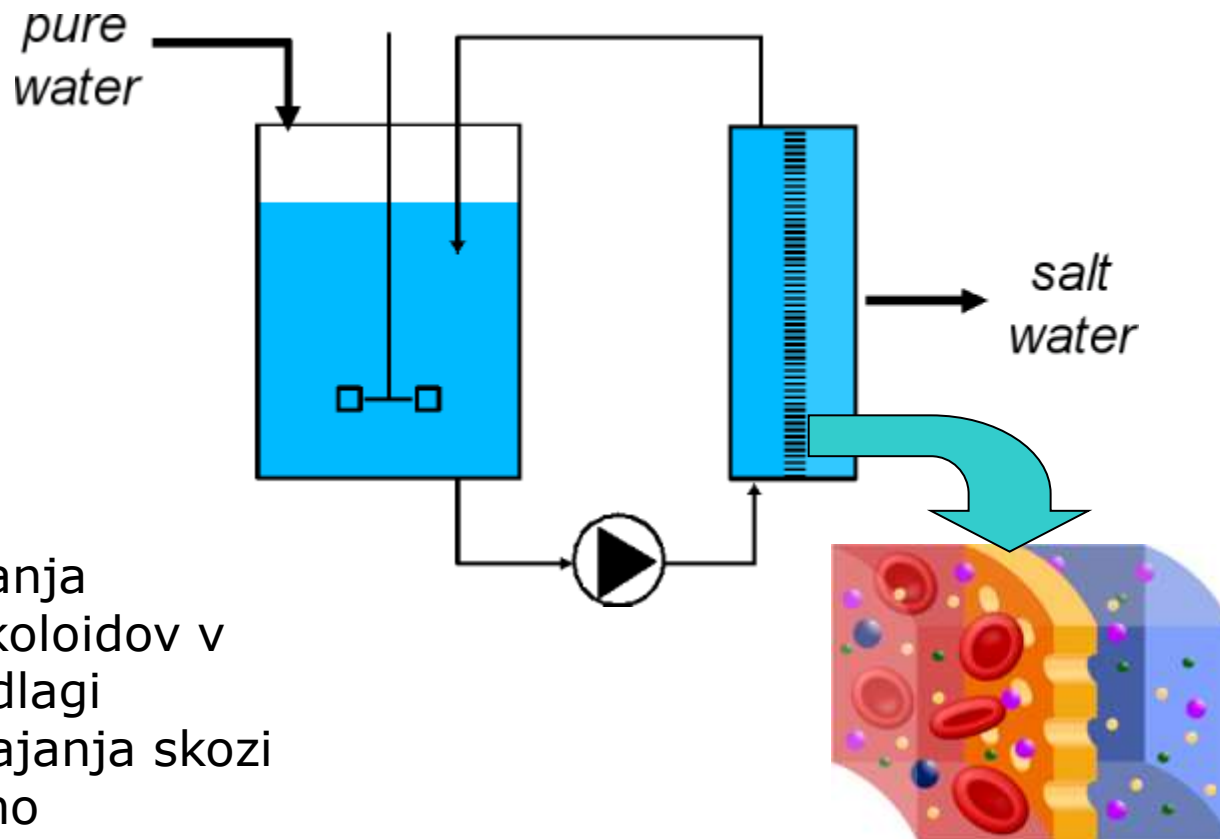
Membranski separacijski procesi v biotehnologiji

proces	uporaba
mikrofiltracija (0,05 – 10 µm)	sterilizacija, filtracija celične mase, bistrenje pijač, pitna voda
ultrafiltracija (1.000 -1.000.000 Da)	separacija makromolekul, izolacija encimov, proteinov
obratna osmoza (< 100 Da)	koncentriranje raztopin, demineralizirana voda, separacija ionov
pervaporacija	koncentriranje organskih kapljev, ki jih je težko ločiti z destilacijo

Proteins	Mol Wt.
Salmin (protamin)	5.600
Cytochrom C	15.600
Myoglobin	17.200
Lactalbumin	17.400
Trypsin	34.000
Pepsin	35.500
Insulin	40.900
Lactoglobulin	41.800
Ovalbumin	43.800
Hämoglobin	66.700
Serum albumin	70.100
Serum globulin	167.000
Gelatins	10.000-100.000
Myogen	150.000
Casein	375.000
Urease	480.000
Myosin	1.000.000
Bushy stunt virus	7.600.000

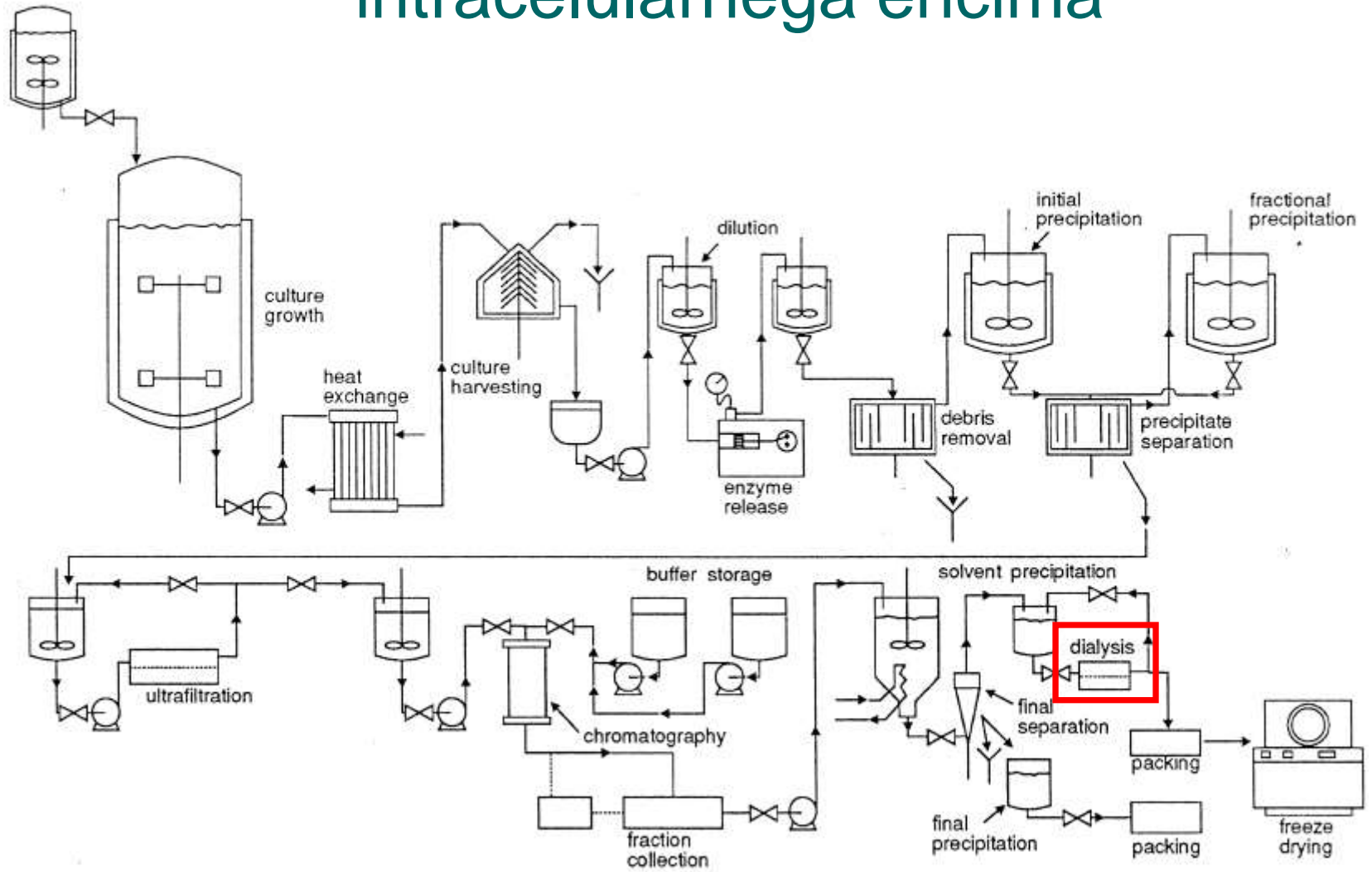
Diafiltracija

odstranjevanje soli ali topil iz raztopin biomolekul



Postopek ločevanja kristaloidov in koloidov v raztopini na podlagi njihovega prehajanja skozi semipermeabilno membrano.

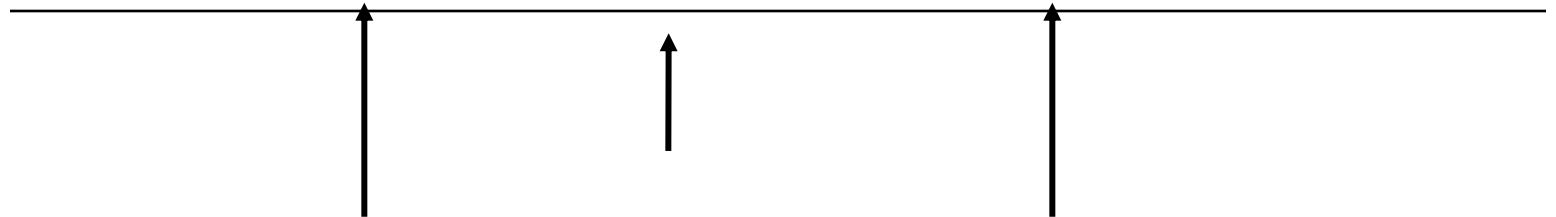
Primer: izolacija in čiščenje intracelularnega encima



Elektrodializa

- dializa, pri kateri pospešimo difuzijo skozi membrano s pomočjo električnega toka
- prenos ionov se odvija skozi polprepustne membrane pod vplivom napetosti v električnem polju enosmernega toka.
- elektromigracija ionov skozi kationske ali anionske polprepustne membrane, ki dovoljujejo prehod pozitivno (kationov) ali negativno (anionov) nabitih ionov.

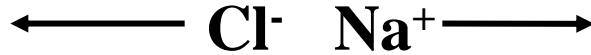
Elektroliza



+

anion

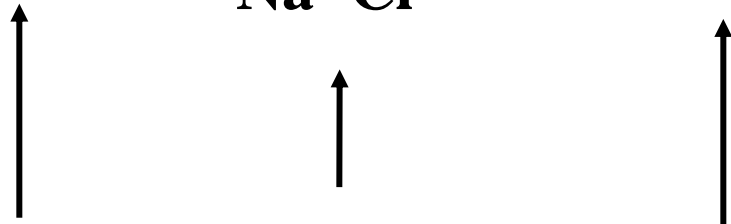
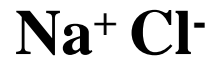
kation



-

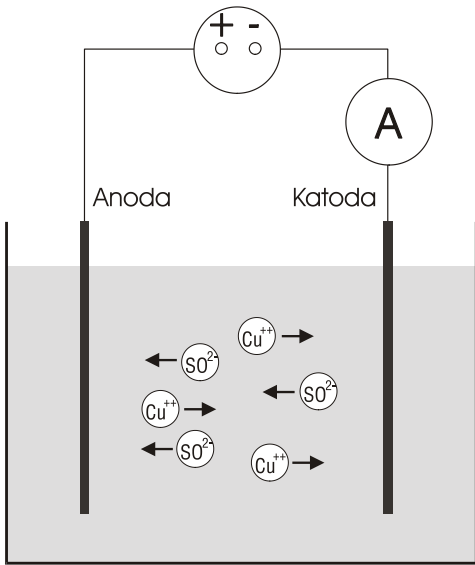
Anoda

Katoda

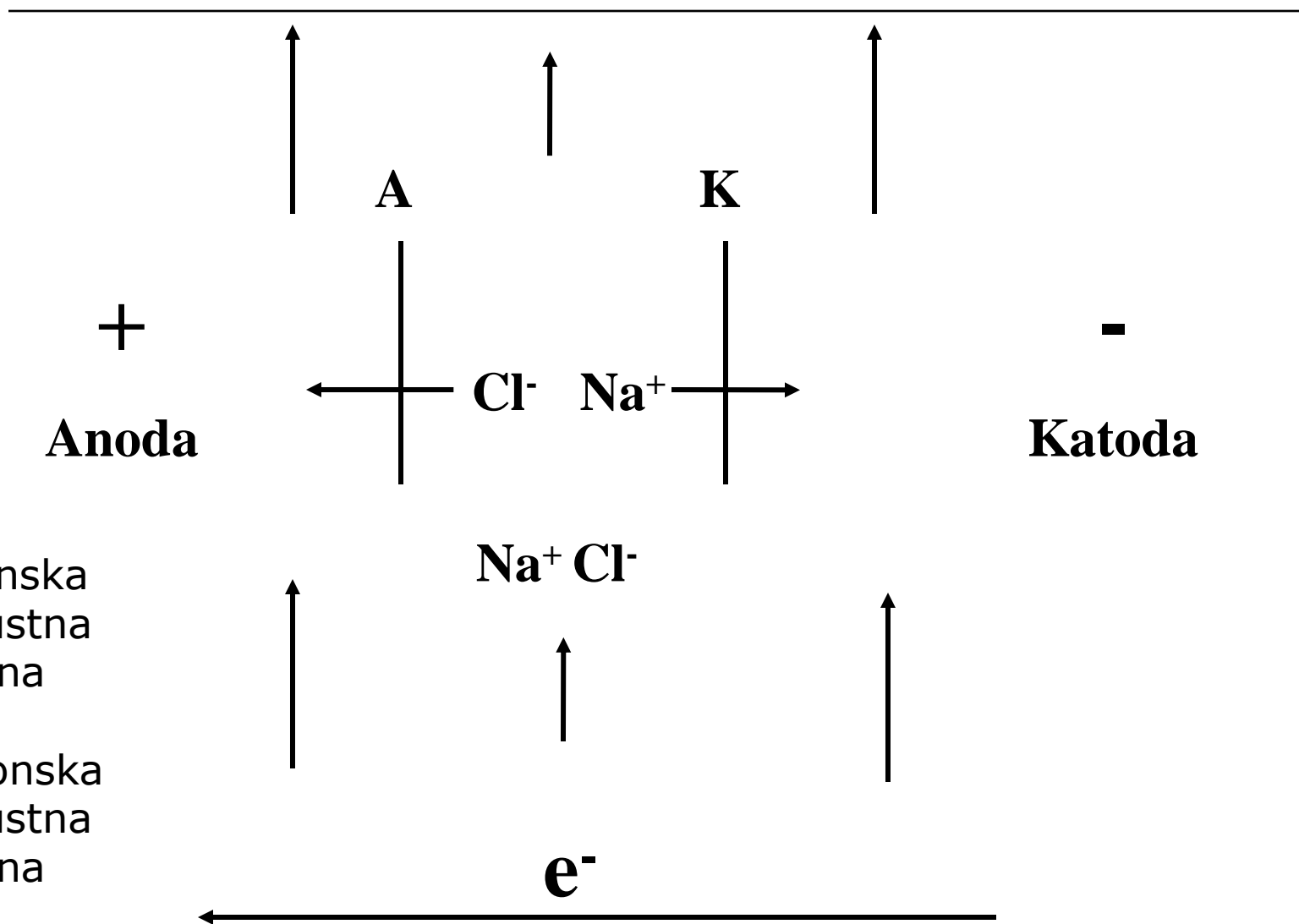


I

e⁻



Elektrodializa

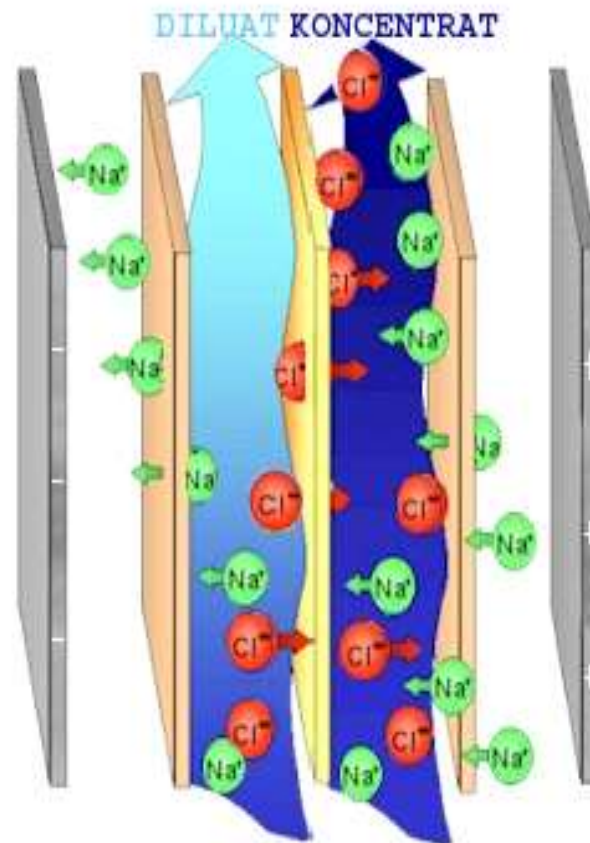


A – anionska polprepustna membrana

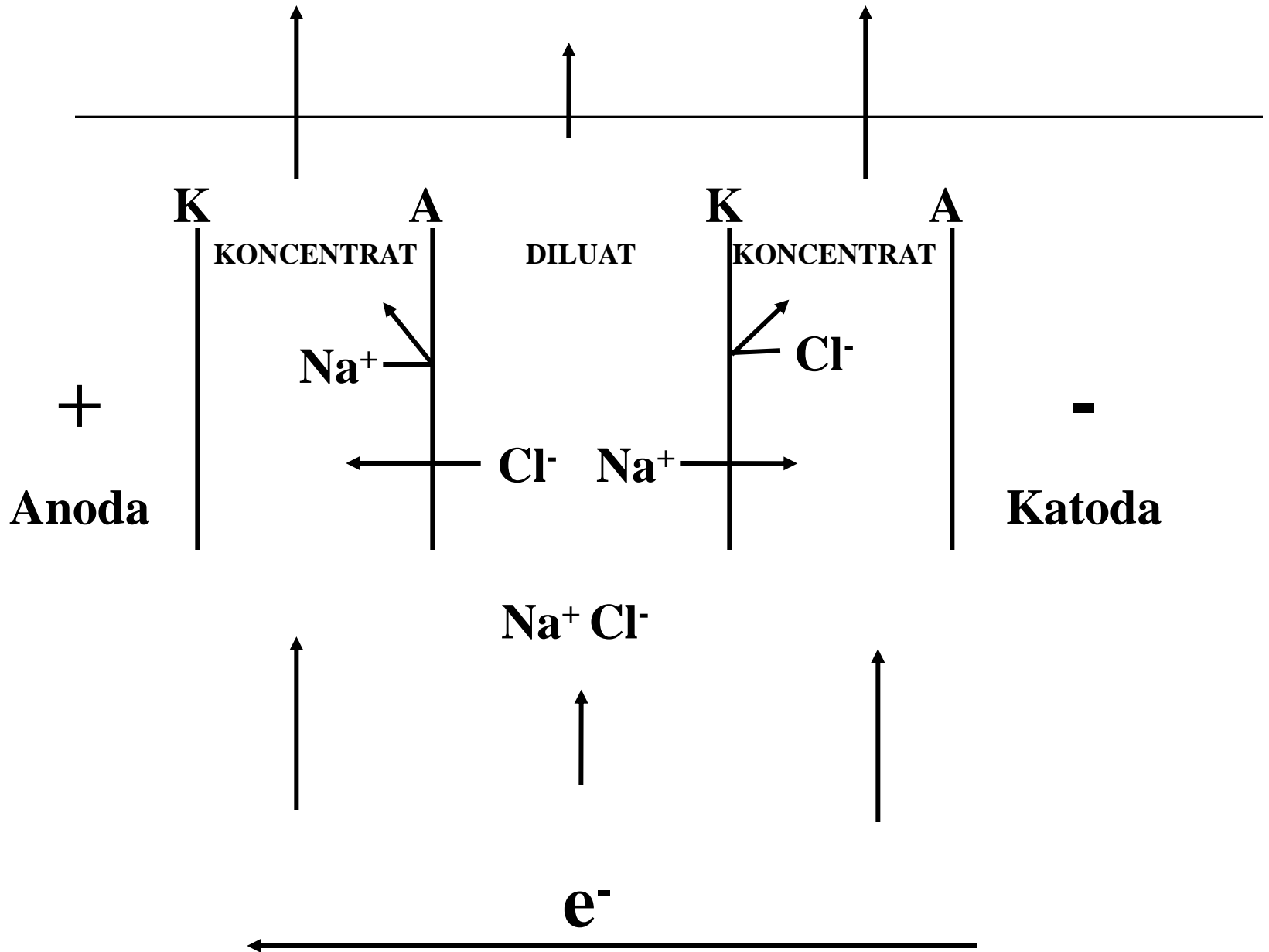
K – kationska polprepustna membrana

Elektrodializna celica

(-) K A K (+)

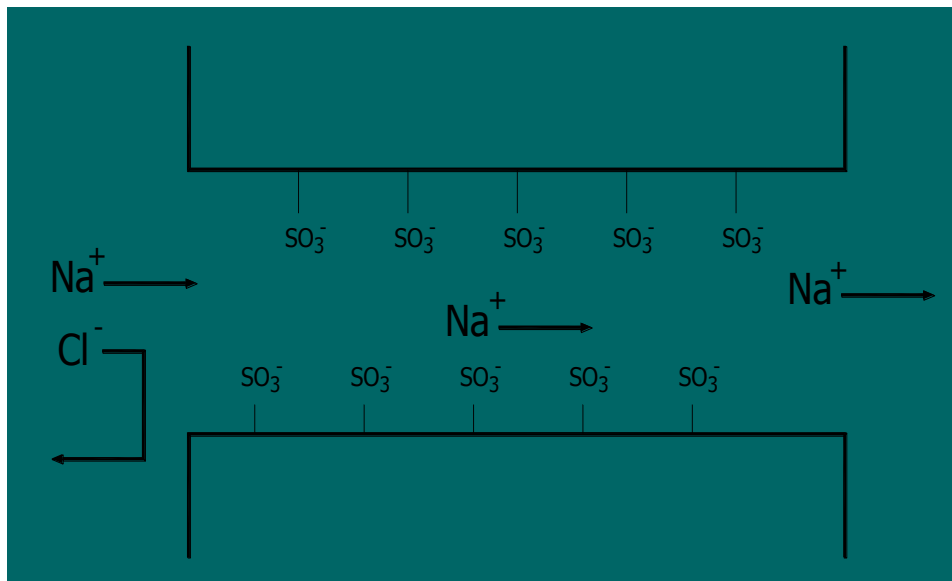


Elektrodializa



Membrane

Ionsko izmenjevalne polprepustne membrane imajo skupine pozitivno nabitih ionov (anionske membrane) ali skupine negativno nabitih ionov (kationske membrane) nanešene na polimerni nosilec (PVC, ...).



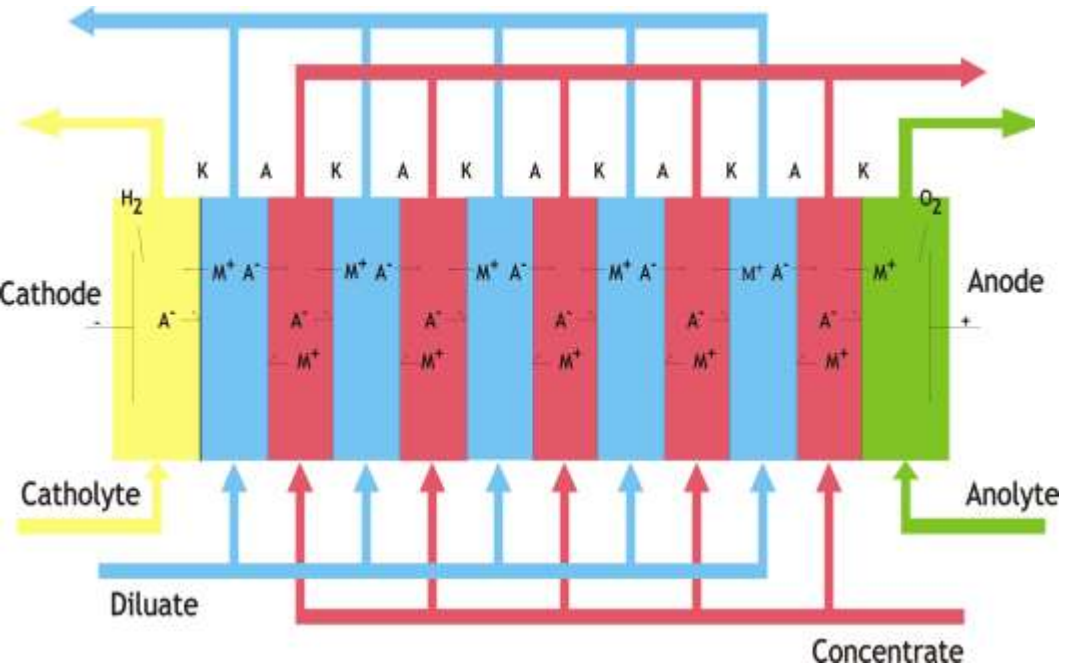
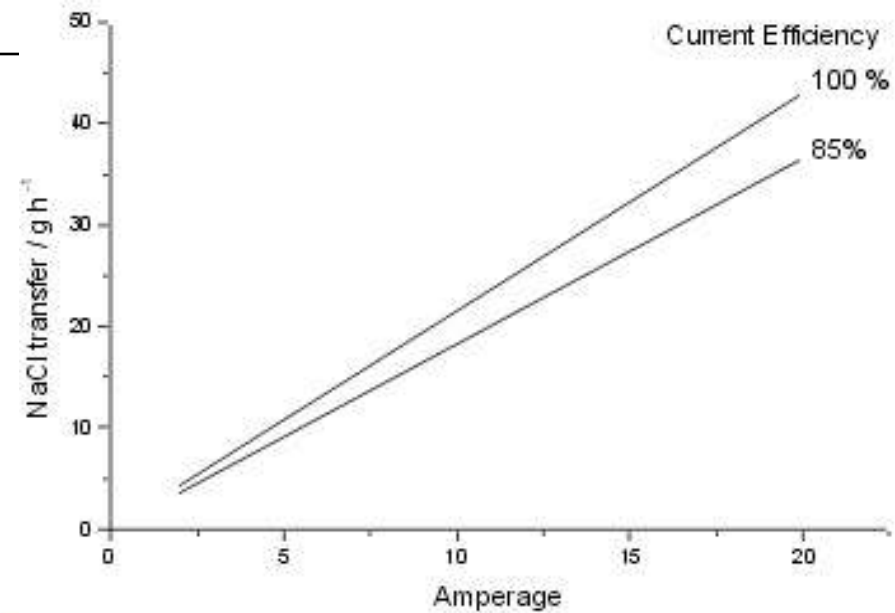
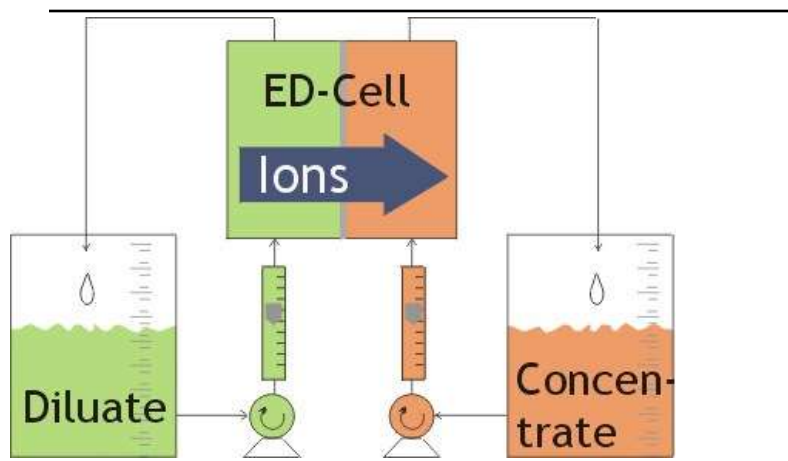
**kationska polprepustna
membrana**

Membrane

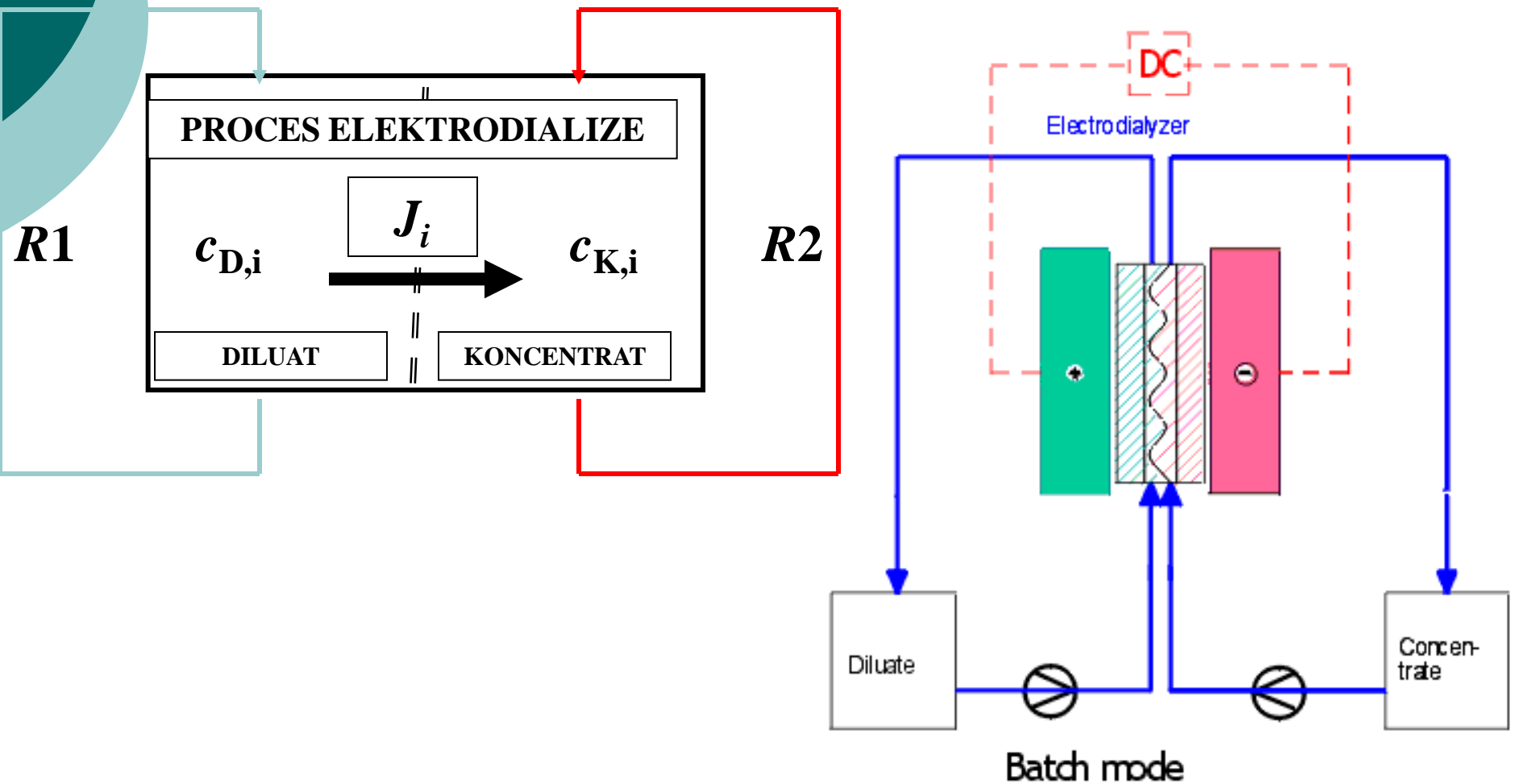
Karakteristike polprepustnih membran:

- majhen električni upor
- velika prepustnost za anione ali katione
- dobre mehanske lastnosti
- visoka kemijska stabilnost
- stabilnost oblike

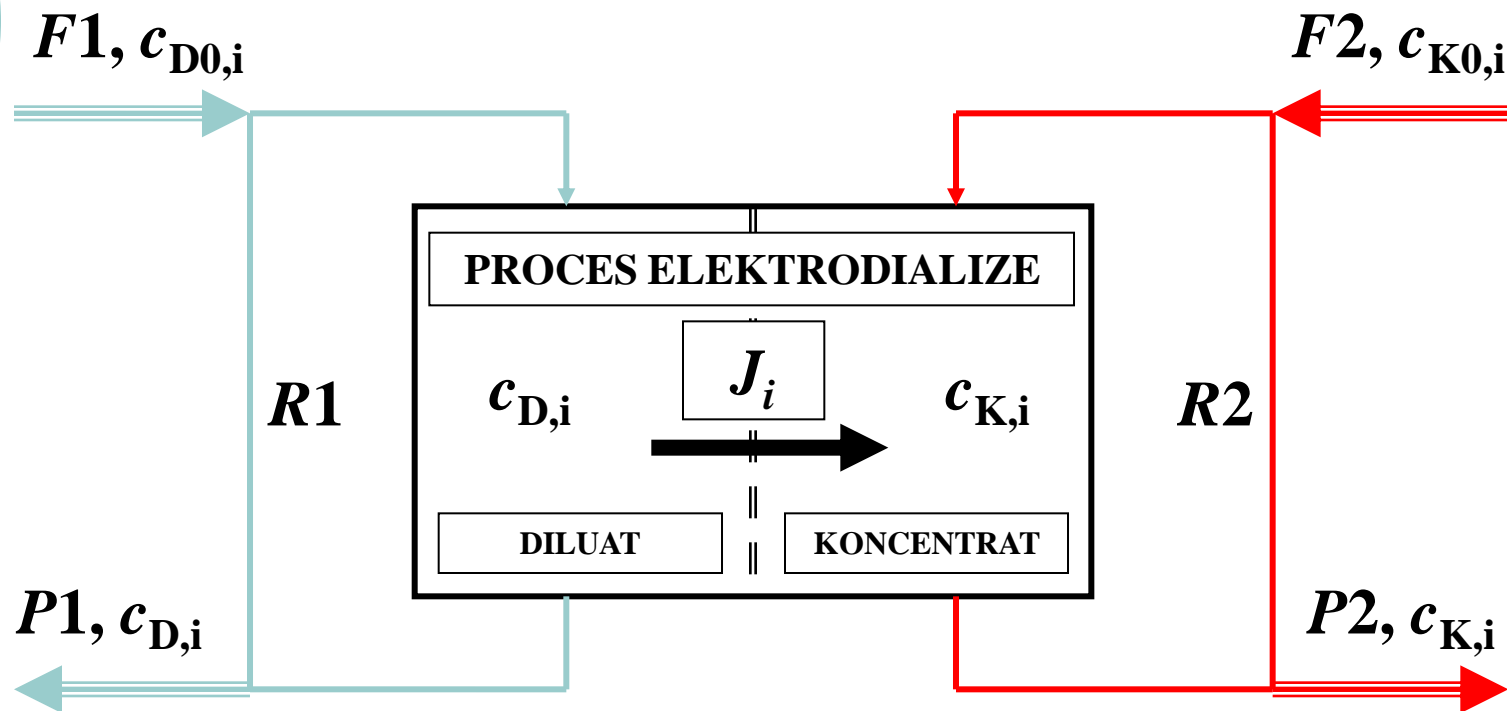
Elektrodializna celica



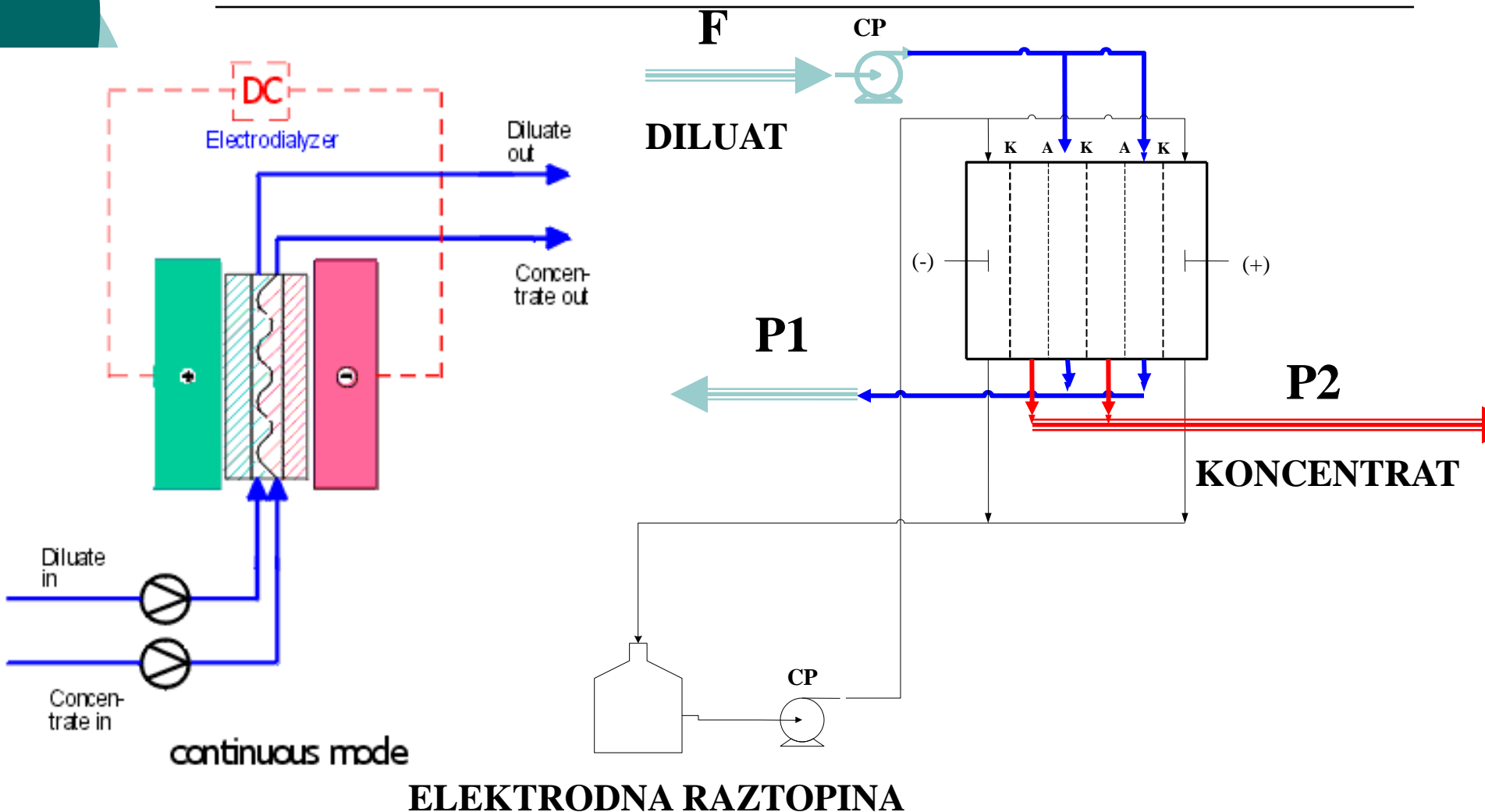
Šaržna elektrodializa s povratnim tokom



Kontinuirna elektrodializa s povratnim tokom



Kontinuirna elektrodializa

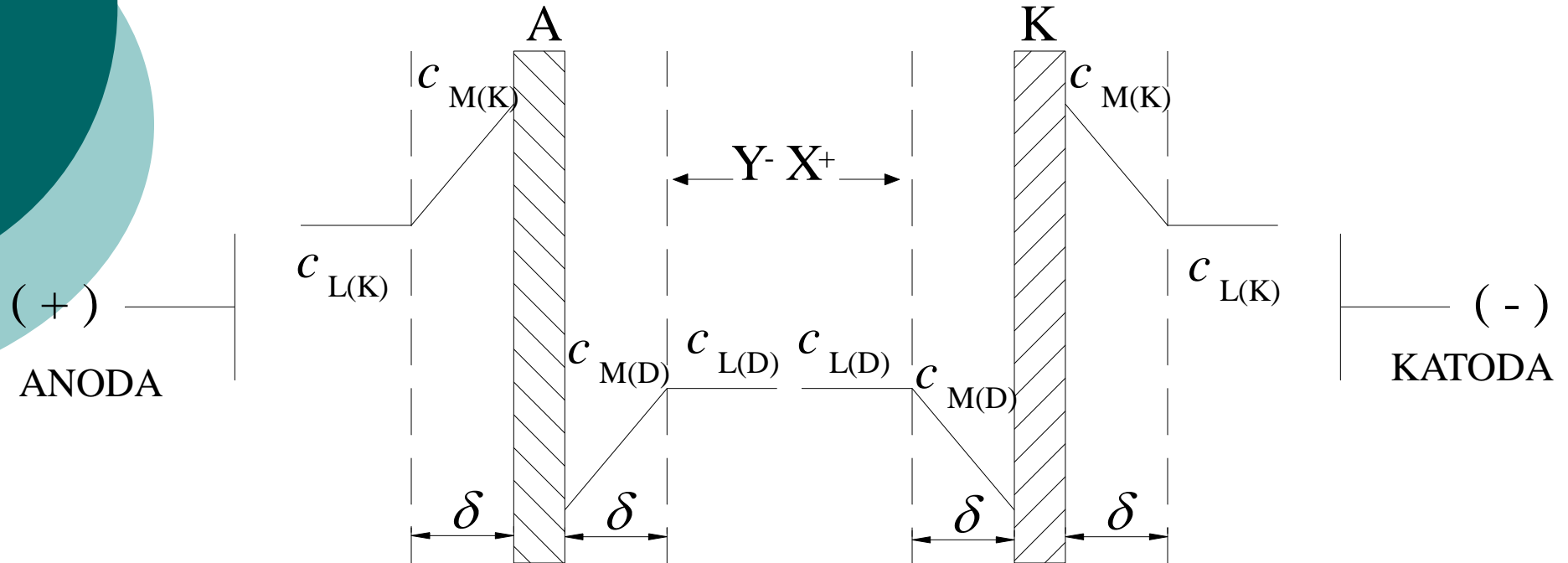


Prenos snovi

Prenos ionov v elektrodializni celici se lahko opiše z dvema temeljnima mehanizmoma:

- elektrotransport ionov
- difuzija ionov
 - difuzija ionov skozi mejni sloj do površine membrane
 - difuzija skozi membrano
 - difuzija ionov od površine membrane skozi mejni sloj

Mehanizmi prenosa snovi pri procesu elektrodialize



gostota toka i (A/m²)

$$i = \frac{D \cdot F \cdot (c_L - c_M)}{\delta} \cdot \frac{1}{(t_m - t_s)}$$

c_L - koncentracija v raztopini [mol m⁻³]

c_M - koncentracija v mejnem sloju [mol m⁻³]

δ - debelina mejnega sloja [m]

Optimalno delovanje

ključni parametri, ki določajo optimalno območje uporabnosti:

- gostota toka (i)
- napetost el. toka
- učinkovitost toka
- koncentracija diluata in koncentrata

$$i_{\text{MAX}} = \frac{D \cdot F \cdot c_L}{\delta} \cdot \frac{1}{(t_m - t_s)} \quad c_M \cong 0$$

i – gostota toka [A/m^2]

t_m - prenosno število v raztopini [-]

t_s - prenosno število v membrani [-]

F - Faraday-eva konstanta [$96500 \text{ As}/\text{mol}$]

D – difuzivnost (m^2/s)

δ - debelina mejnega sloja (m)

Industrijska uporaba elektrodialize

- prehrambena industrija (desalinizacija morske vode, stabilizacija vina, nevtralizacija sadnih sokov...)
- industrija papirja
- farmacevtska industrija (koncentriranje aminokislin, ločevanje proteinov...)
- zaščita okolja (odstranjevanje soli in kovin iz odpadnih vod...)
- čiščenje fermentacijskih brozg pri proizvodnji organskih in amino kislin

Prednosti procesa elektrodialize

- sprejemljiva za okolje (ne zahteva uporabe dodatnih kemikalij, ni stranskih produktov)
- ekonomičen proces (majhna poraba energije)
- selektiven proces
- nizke temperature in pritiski



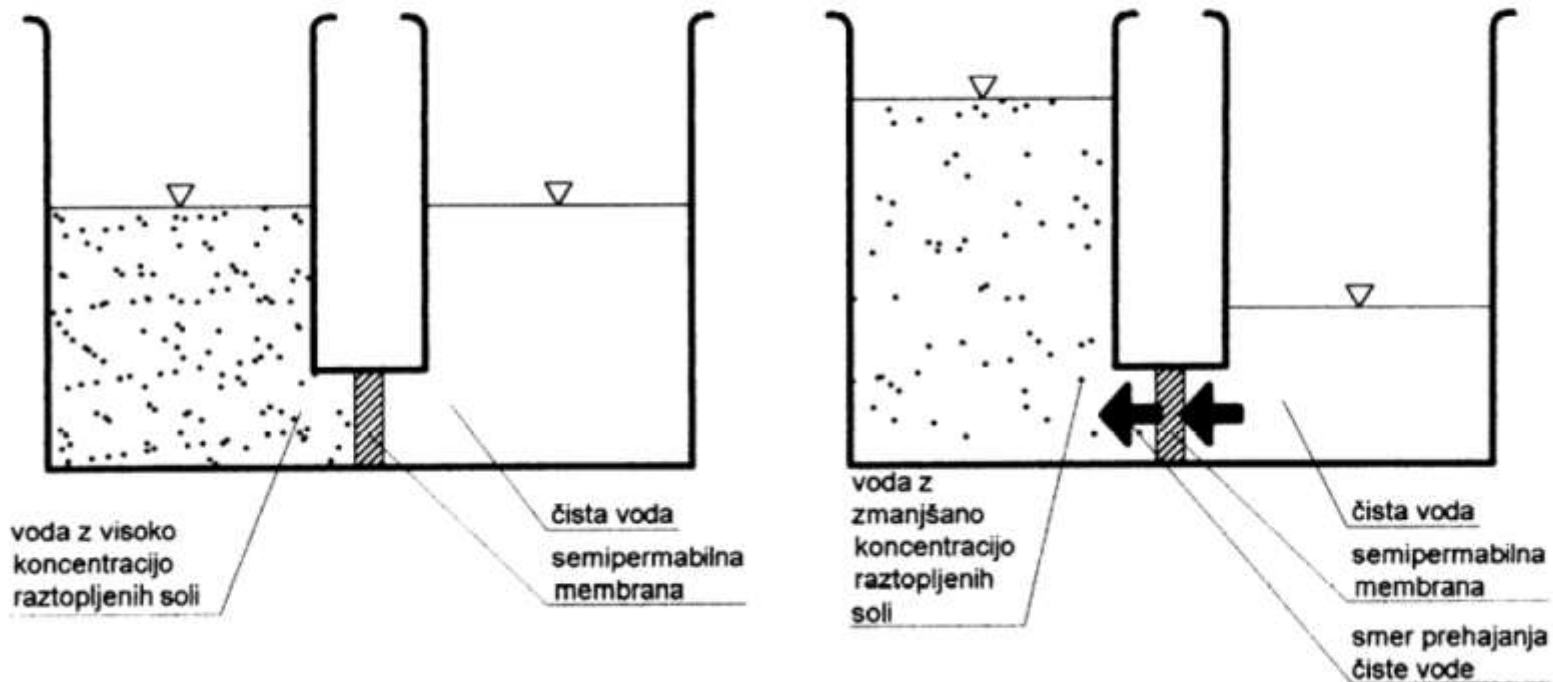
Slabosti procesa elektrodialize

- nizka trajnost membran
- visoka cena membran
- nezmožnost ločevanja elektronevtralnih molekul

Osmoza - princip

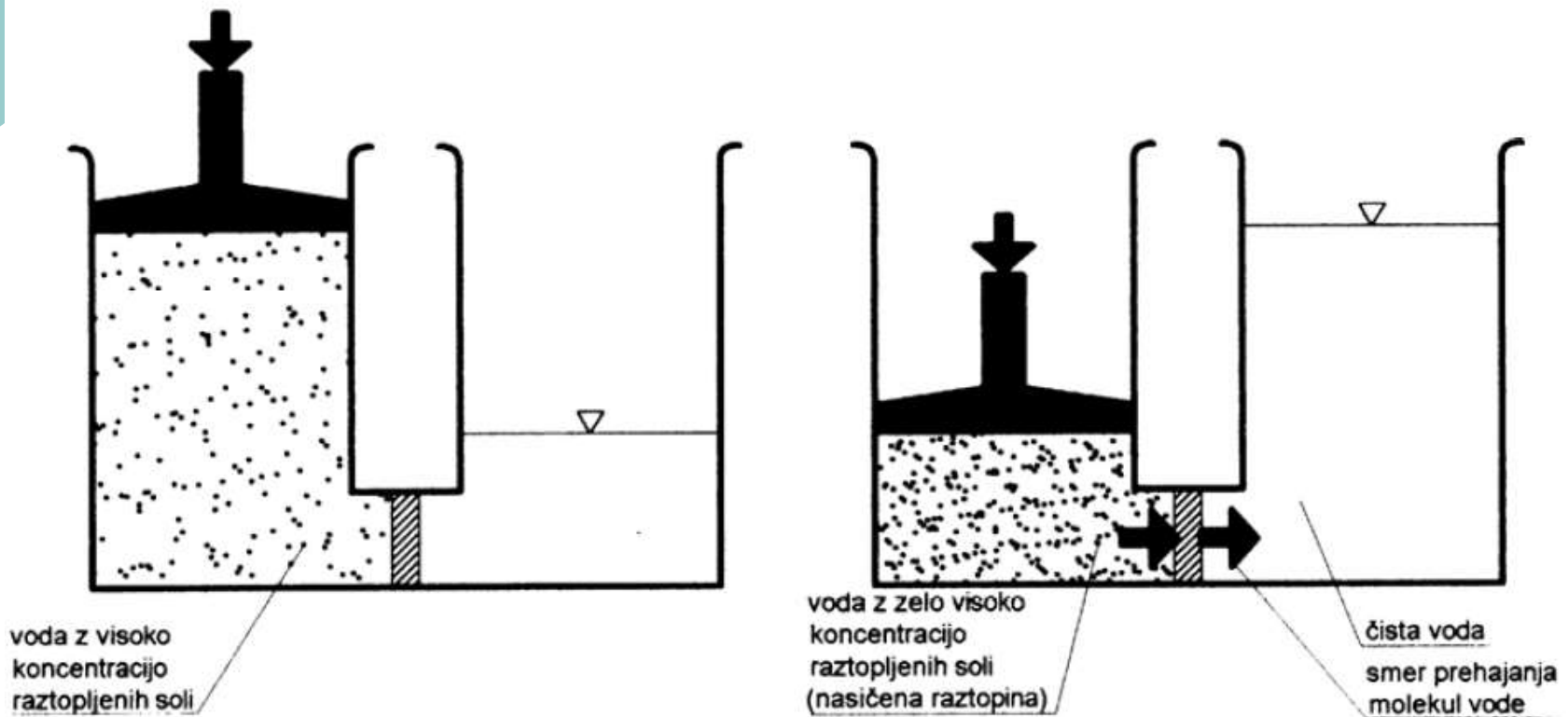
topilo teče skozi membrano v raztopino, kjer je kemijski potencial nižji

$$\Pi = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = c \cdot R \cdot T$$



Reverzna (obratna) osmoza - princip

pri obratovalnem tlaku, ki je vedno večji od osmotskega tlaka vhodne raztopine



Reverzna osmoza - uporaba

- priprava demineralizirane vode
- razsoljevanje morske vode
- odstranjevanje vode – koncentriranje produktov



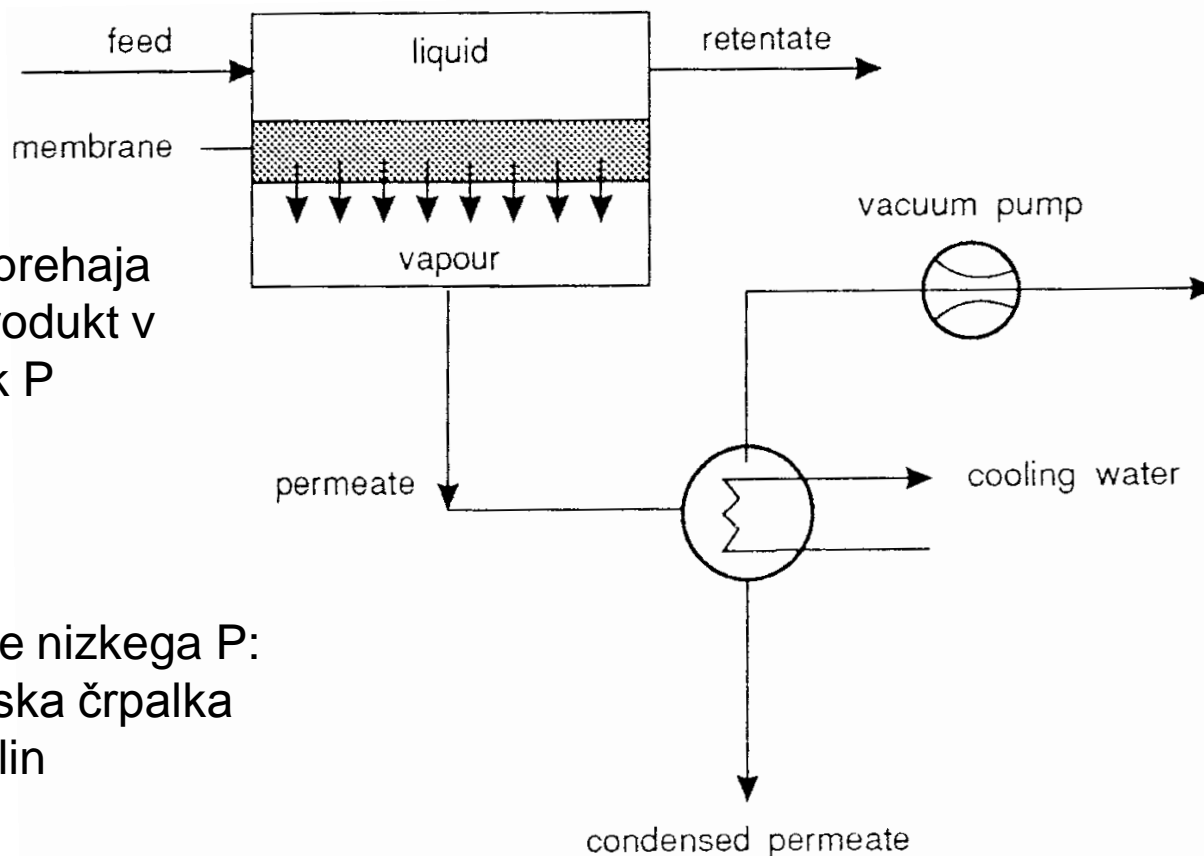
Reverzna osmoza - prednosti

- manjša poraba energije v primerjavi z odparevanjem
- delo pri običajni temperaturi, brez stika z vročimi stenami (termolabilni produkti)



Pervaporacija

gonilna sila: razlika parcialnih pritiskov hlapnejše komponente na obeh straneh membrane



iz kapljevine prehaja membrano produkt v hlapih – nizek P

- ustvarjanje nizkega P:
- vakuumska črpalka
 - nosilni plin

Pervaporacija - uporaba

primeri zmesi kapljevin, ki jih ločujemo s pervaporacijo:

voda/metanol

voda/etanol

voda/butanol

voda/acetone

voda/piridin

heksan/kloroform

benzen/etanol

toluen/heksan

etanol/kloroform

etanol/acetone

membrane:

- hidrofilne (npr. PVA):
odstranjevanje vode iz organskih topil
- hidrofobne (elastomeri):
pridobivanje organskih topil iz raztopin

Učinkovitost pervaporacije

- odvisna od
 - fluksa permeata in
 - selektivnosti
- prenos snovi :
 - adsorpcija permeata na medfazno površino napajalna raztopina/membrana
 - difuzija skozi membrano zaradi koncentracijskega gradienta oz. razlike parcialnih tlakov (določa kinetiko)
 - desorpcija v plinsko fazo na strani permeata