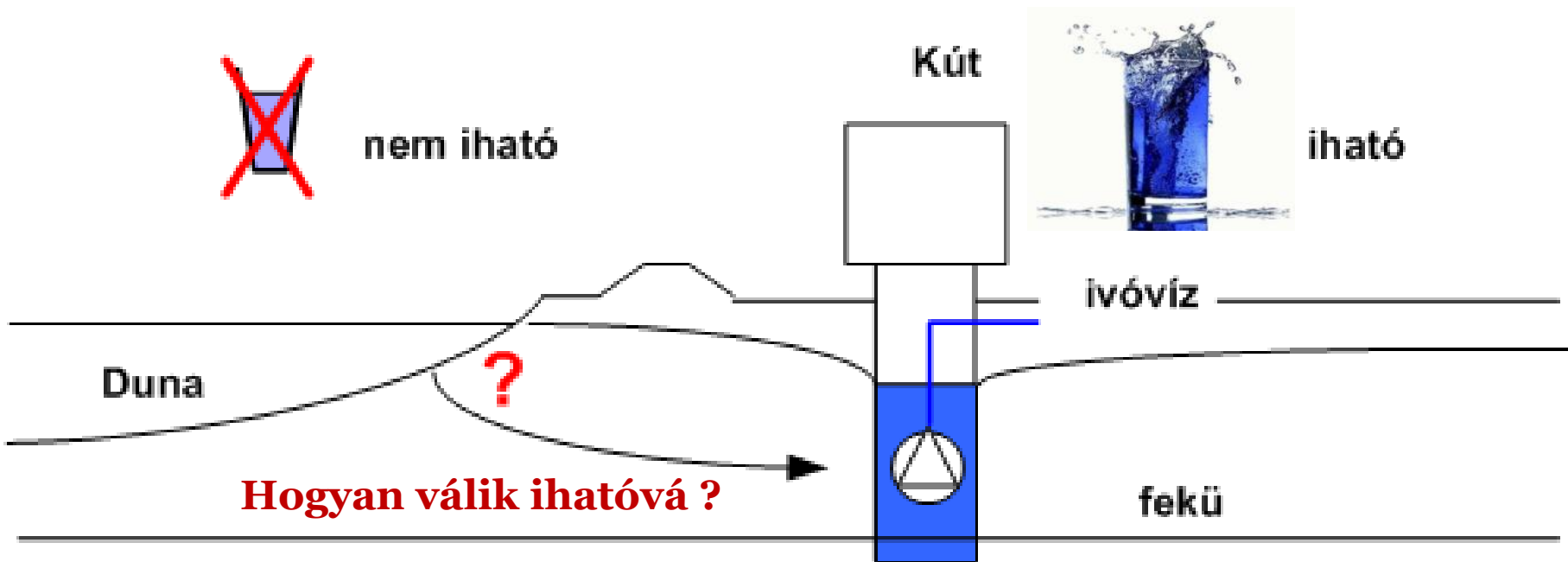


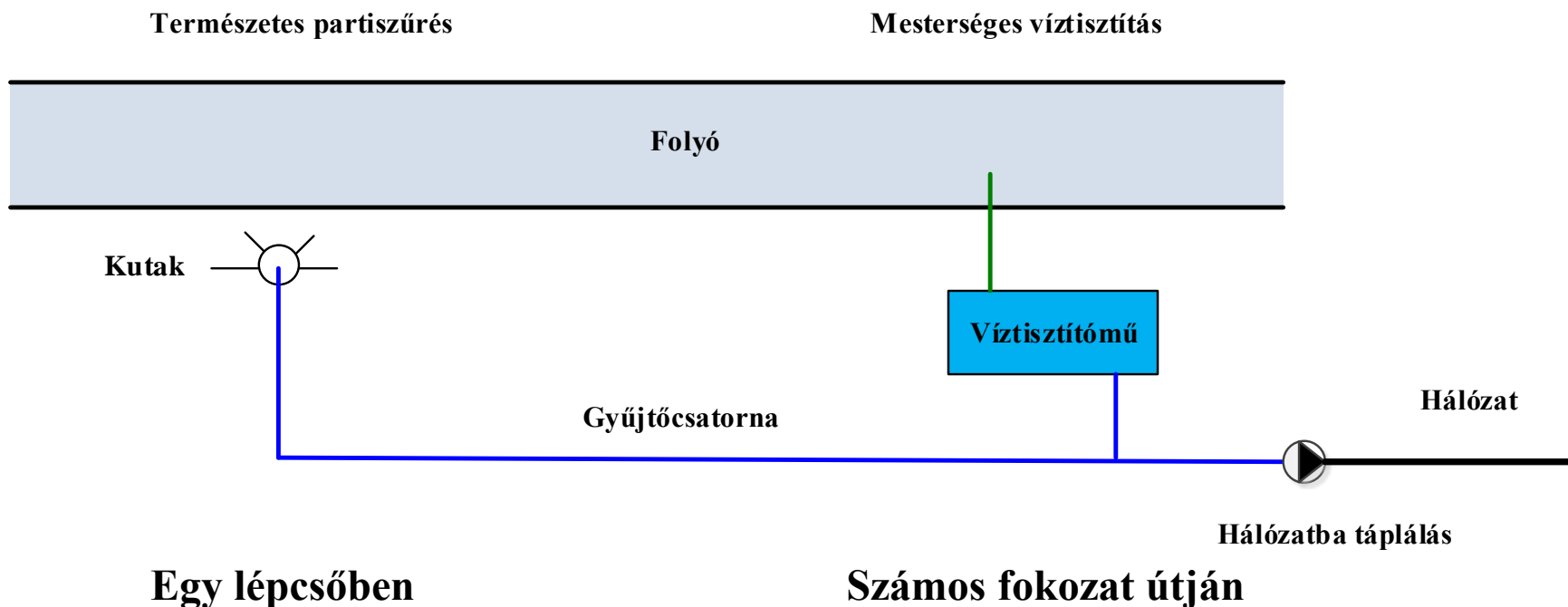
Tolnai Béla

A partiszűrés, mint vízminőséget előállító gép

**XXIII. FAVA konferencia
Siófok
2016. ápr. 6-7.**

A shakespeare-i kérdés: Inni vagy nem inni?

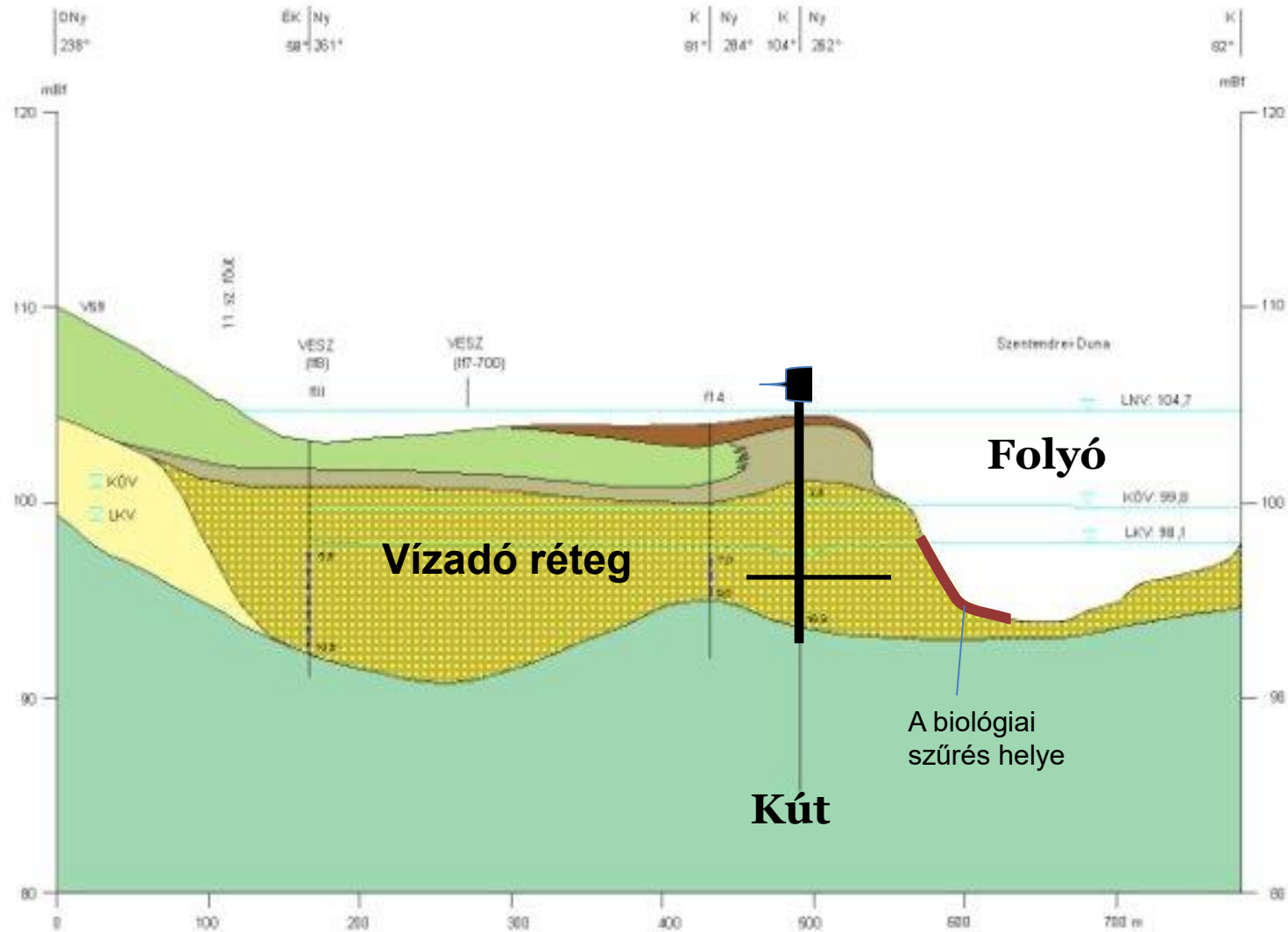




Barreto- Némedi:

A mikroszkopikus biológiai vizsgálatok érzékenyen jelzik azt, hogy a szolgáltatott ivóvizet milyen módon nyerik, ugyanis **több nagyságrenddel hatékonyabb** a partiszűrésű kutak természetes biológiai szűrése, mint a Duna mesterséges tisztítása.

A víznyerés



*„Hogy tovább példát fel ne hozzak, csak azt említem fel,
hogy amennyire az én tárgyismeretem ér, **sehol mesterséges szűrőkhöz nem fordultak,
ahol más mód kínálkozott tiszta egészséges vízhez** juthatni Fővárosunkban,
hol a Duna annyi eséssel bír,
hogy minden évi többszöri megáradásai alkalmával egész medrét feltúrja,
úgy hiszem, a szűrőfelület bedugulásától nincs mit félni.”*

Wein János, 1870 körül

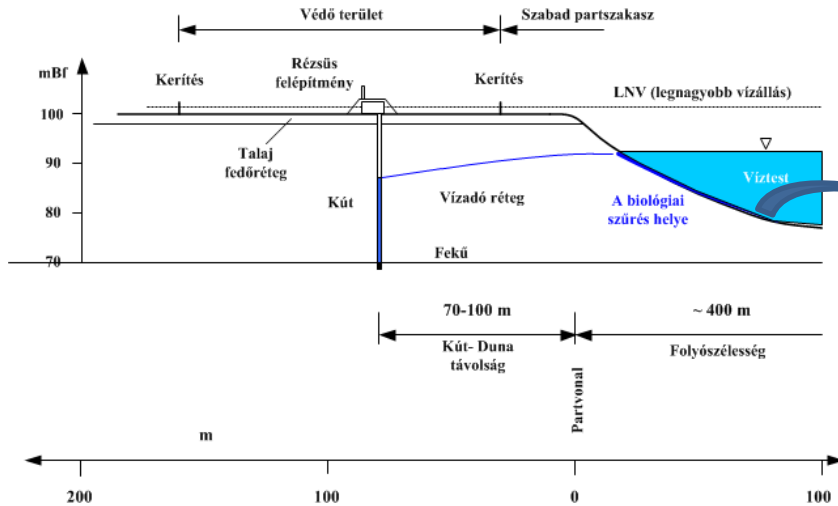
Parti szűrés:

Amennyiben egy folyó jó vízvezető tulajdonságú területen halad, a parttól **megfelelő távolságra** kutakat létesíthetünk a parti szűrés előnyeit kihasználva. A folyó és a kút közötti szakaszon a folyó vize megtisztul a talajban történő áramlás során. A talajban található mikroorganizmusok élettevékenységük során a víz szerves anyag tartalmának egy részét hasznosítják tápanyagként, így csökkentve a kutak felé áramló víz szerves anyag koncentrációját. A szűrőréteg a mikroorganizmusok **nagy részét is visszatartja.**

Hartwig/Licskó 2000

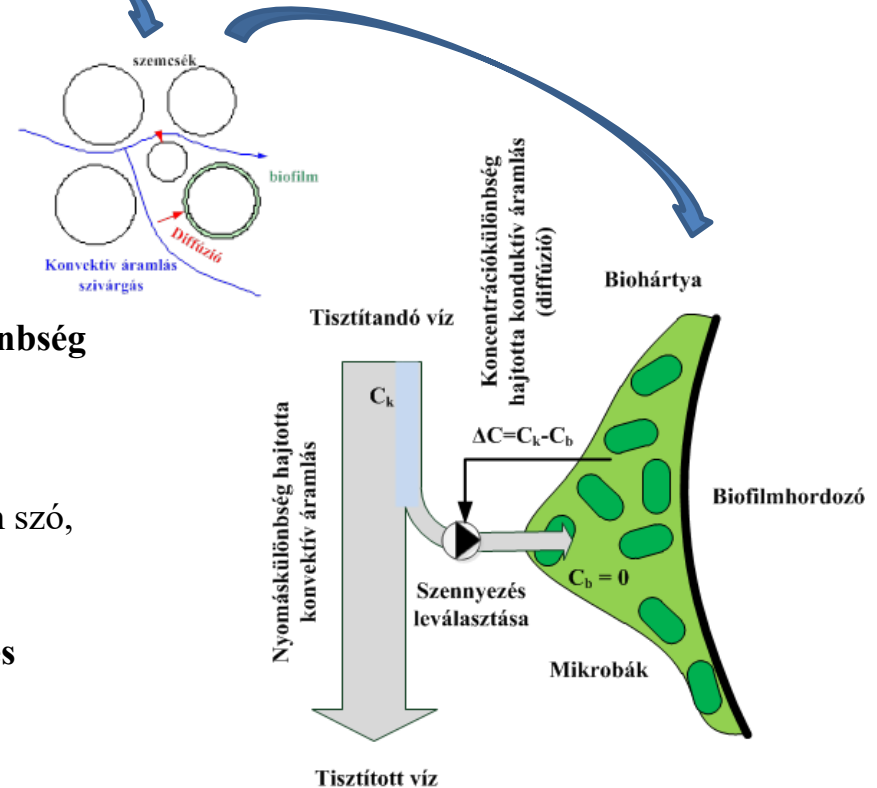
Ivóvízszabványok összehasonlítása néhány vízkémiai paraméter tekintetében

A vízmennyiség és vízminőség előállítása



A konvektív áramot **nyomáskülönbség** tartja fenn, amelyet a szivattyúzással érünk el.

Nincs szivattyúzás >> nincs parti szűrés



A konduktív anyagáramot (diffúziót) **koncentrációkülönbség** tartja fenn.

A koncentráció különbséget a biofilmen belüli lebontás állandósítja.

Nem egy térkiegyenlítő, hanem irányított diffúzióról van szó, amely a víztérből a biofilmbe mutat.

Nincs lebontás >> nincs diffúzió >> nincs parti szűrés

A tápanyaglebontás jegyei

Részfolyamat	Feltétel (hajtóerő)	Fenntartja
Konvektív anyagáram, szivárgás	Nyomáskülönbség	Szivattyúzás
Konduktív anyagáram, diffúzió	Koncentráció különbség	Baktériumok munkája
Bio-kémiai folyamat, lebontás	Redoxi környezet	Baktériumok életösztöne



Soros folyamat



Visszacsatolás

Logisztikai jegyek

Klimatikus jegyek

Sokrétű bonyolult folyamat

A releváns változók felsorolása

Változó megnevezése	Jel	SI dimenzió
A tápanyag lebontás mértéke	ΔS	kg/m^3
Szűrési sebesség	w	m/s
Redoxpotenciál	E_h	$\text{m}^2\text{kg/s}^3/\text{A}$
Szűrőréteg vastagsága	L	m
Faraday állandó	F	As/mol
Abszolút hőmérséklet	T	K
Egyetemes gázállandó	R	$\text{m}^2\text{kg/s}^2/\text{K/mol}$
A szubsztrát diffúziós tényezője	D_s	m^2/s
Szubsztrát koncentráció (terhelés)	S	kg/m^3
Mértékadó szencseátmérő	d_m	m



	ΔS	w	E_h	L	F	T	R	D_s	S	d_m
m	-3	1	2	1	0	0	2	2	-3	1
kg	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
s	0	-1	-3	0	1	0	-2	-1	0	0
K	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
A	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0
mol	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0

B

A

A változószám redukálása

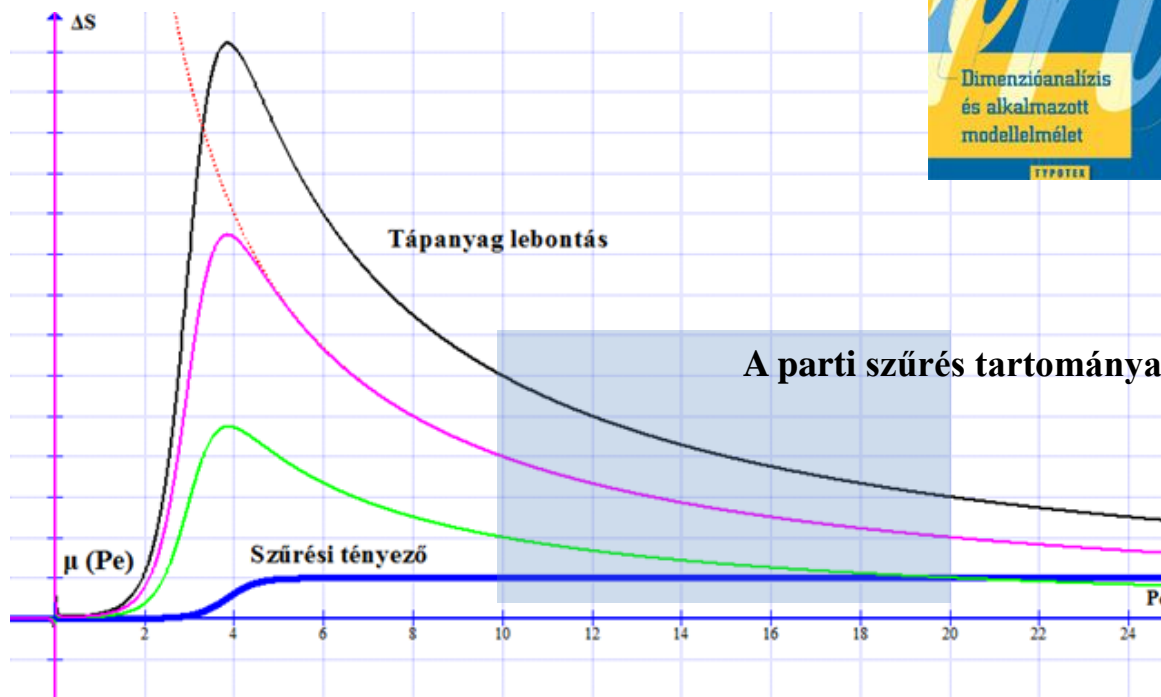
	ΔS	w	E_h	L	F	T	R	D_S	S	d		
B	m	-3	1	2	1	0	0	2	2	-3	1	A
	kg	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	
	s	0	-1	-3	0	1	0	-2	-1	0	0	
	K	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	
	A	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	
	mol	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	
	Π_1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	C = - (A⁻¹B)^T
D	Π_2	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	1	
	Π_3	0	0	1	0	1	-1	-1	0	0	0	
	Π_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	



Dimenziótlan szám	Megnevezés
$\Pi_1 = \Delta S / S$	koncentráció viszonyszám
$\Pi_2 = w d_m / D_S$	Peclet-szám
$\Pi_3 = E_h F / RT$	Nernst-tényező
$\Pi_4 = L / d_m$	geometriai viszonyszám
$\Pi_5 = pH$	kémhatás

Az összefüggés levezetése

$$\Delta S = \mu(Pe) S \frac{1}{Pe} \quad Ne \frac{L}{d} \quad pH$$



Pe-szám értelmezése

$$Pe = \frac{w d_m}{D_s}$$

ahol w [m/s]
 d_m [m]

szűrési sebesség

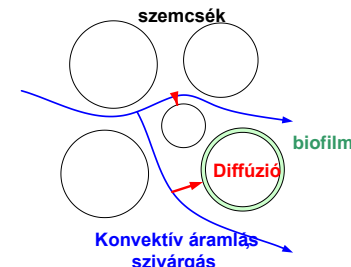
mértékadó szemcseátmérő

(homok szűrőréteg esetén a mértékadó szemcseátmérő megegyezik a jellemző szemcseátmérővel)

D_s [m²/s]

szubsztrát diffúziós tényezője

(a szubsztrát a lebontandó szennyezés)



$$Pe = \frac{w}{\frac{D_s}{d_m}} = \frac{\text{konvektív sebesség}}{\text{konduktív sebesség}}$$

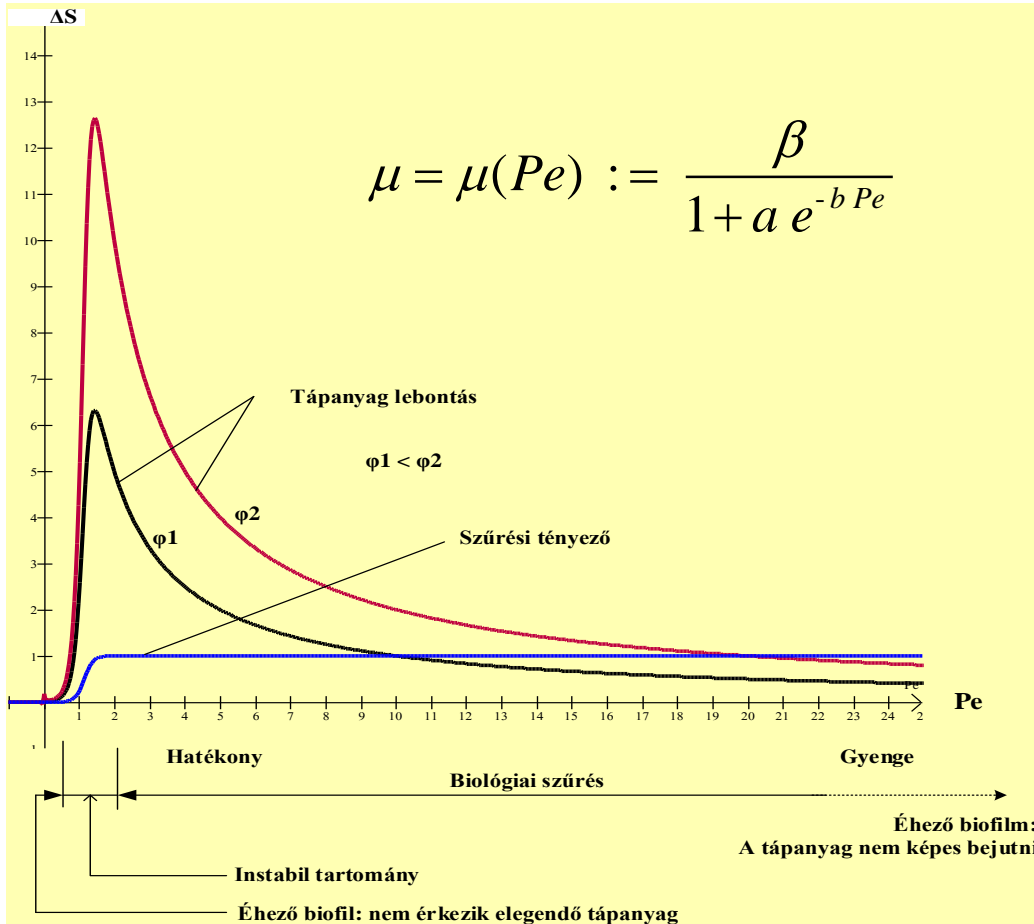
$$Pe = \frac{\frac{d_m^2}{D_s}}{\frac{d_m}{w}} = \frac{\tau}{t} = \frac{\text{diffúziós idő}}{\text{tartózkodási idő}} \left(= \frac{d_m^2}{D_s} \frac{w}{d_m} = \frac{w d_m}{D_s} \right)$$

$$Pe \sim 1$$

A biológiai szűréselmélet

$$\Delta S = \frac{\mu(Pe)}{Pe} \frac{S_{pH} Ne L}{d_m} = \frac{\beta}{1 + a e^{-b Pe}} \frac{1}{Pe} \varphi$$

$$\mu = \mu(Pe) := \frac{\beta}{1 + a e^{-b Pe}}$$



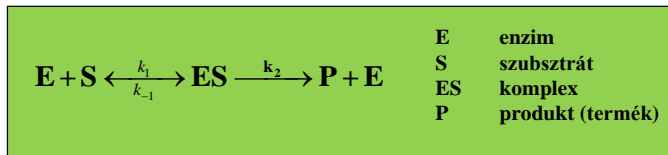
$0 < Pe < 1$
Éhező biofilm, nem érkezik elegendő tápanyag

$Pe \sim 1$
Instabil tartomány

$Pe > 1$
Hatékony biológiai szűrés

$Pe \gg 1$
Éhező biofilm, a tápanyag elhalad a biofilm előtt.

A differenciálegyenlet rendszer



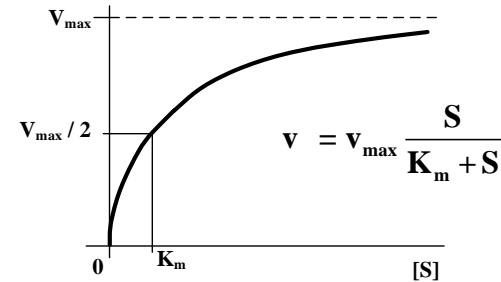
$$\frac{d[ES]}{dt} = k_1[E][S] - (k_{-1} + k_2)[ES] = 0$$

$$[E] + [ES] = [E]_0$$

$$[ES] = \frac{[E]_0[S]}{[S] + \left(\frac{k_{-1} + k_2}{k_1}\right)}, \quad \frac{k_{-1} + k_2}{k_1} = K_m$$

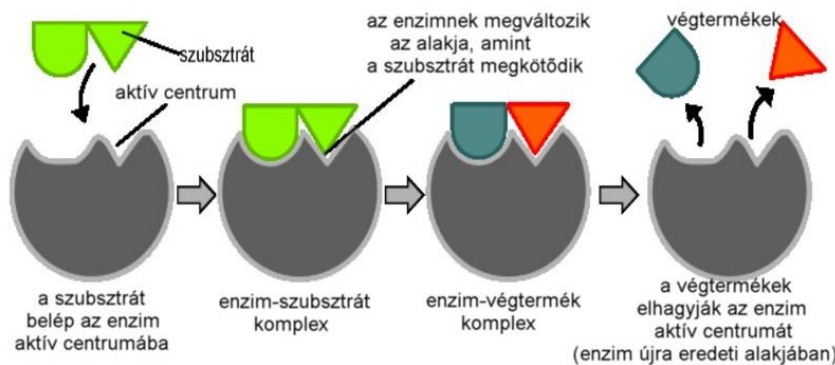
$$\frac{d[P]}{dt} = k_2[ES] = \frac{k_2[E]_0[S]}{[S] + K_m} = \frac{v_{max}[S]}{[S] + K_m}$$

A megoldás

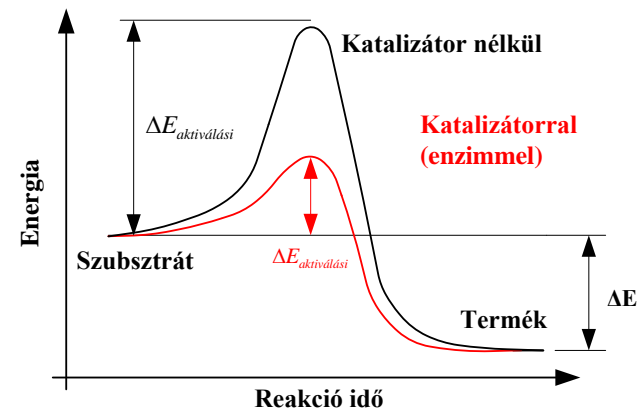


- Egyszerű modell
- Jó fenomenologikus leírást ad
- A paraméterek (v_{max} , K_m) mérhetőek

A mintázat egyezése

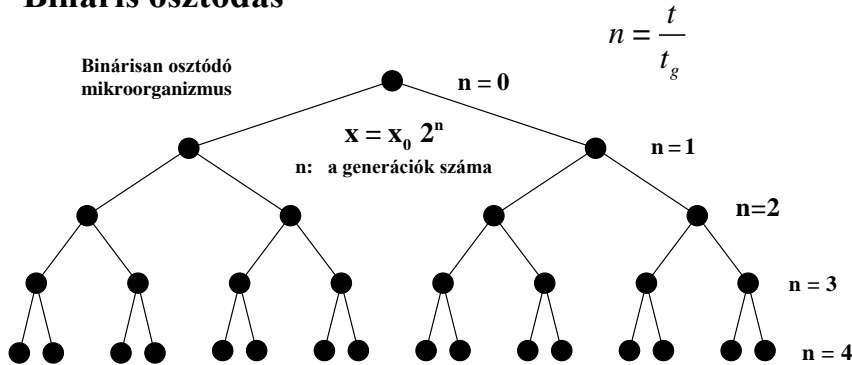


Az aktiválási energia redukálása



Monod kinetika

Bináris osztódás

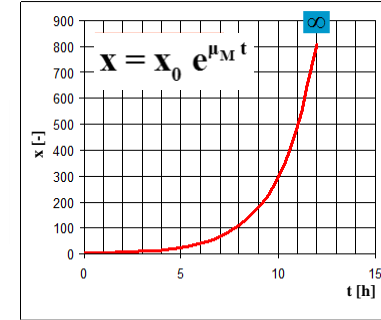


$$t_g = \frac{\ln 2}{\mu_M} = \frac{0,693}{\mu_M}$$

Konstans növekményű folyamat

A mikrobaszaporodás alapösszefüggése

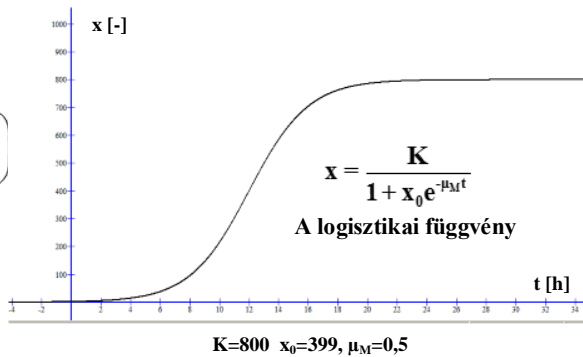
$$\frac{dx}{dt} = \mu_M x$$



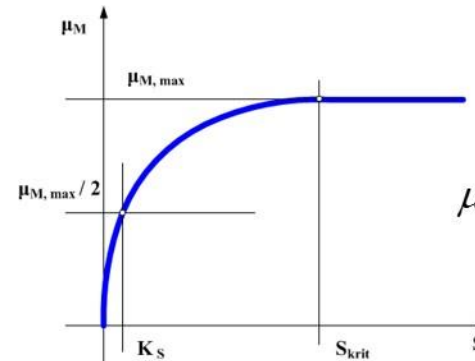
Exponenciális növekedés $x_0=2, \mu_M=0,5$

A logisztikai függvény

$$\frac{dx}{dt} = \mu_M x \left(1 - \frac{x}{K}\right)$$

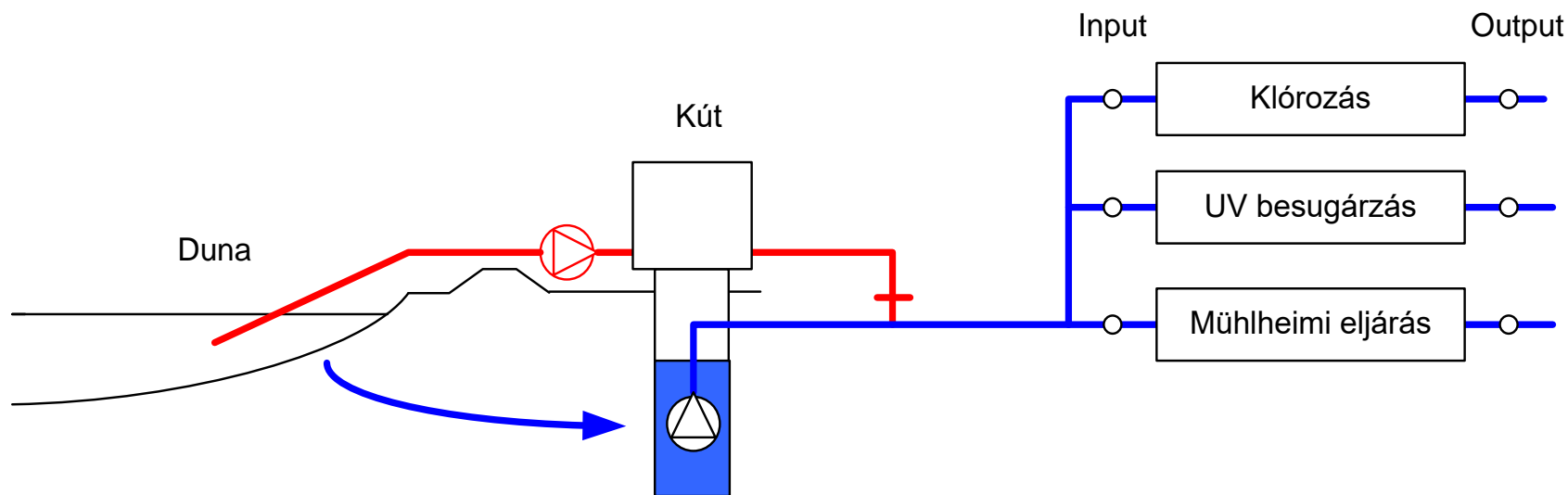


A Monod együttható



$$\mu_M = \mu_{M, \max} \frac{S}{K_S + S}$$





A kísérletek körülményei: nem azonos időben zajlottak,
az FV Zrt. Víztermelési osztálya végezte
helyszín: Északi víztermelő rendszer

A vizsgálat tárgya: az input és output vízminőségek közti különbség kimutatása

Eredmény: **Kútvízre a fertőtlenítés eljárásai nem „szólalnak” meg, csak 5-10 % élővíz hozzákeverése után.
Az eljárások eltérő módon, de jó hatásfokkal reagáltak.**

„A víz fertőtlenítésének az a célja, hogy az emberi fogyasztásra szánt vízben élő, egészségre káros mikroorganizmusok elpusztuljanak, illetve **elveszítsék fertőzőképességüket**. Fertőtleníteni kell az ivóvizet minden oly esetben, amikor a vízvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy időszakosan vagy állandó jelleggel fennáll a bakteriológiai szennyeződés veszélye.”

Mátyus nyomán VÍZELLÁTÁS (3. fejezet)

Lehetőség	Hatásmechanizmus	Tulajdonság
Fertőtlenítőszer adagolás (klórozás)	A mikroorganizmusokat elpusztítja.	Előrettekintő hatású, de az elpusztult baktériumok táplálékot jelentenek a hálózati elfertőződés esetén.
UV besugárzás	A mikroorganizmusokat inaktiválja.	Visszatekintő hatású, a másodlagos folyamatokkal szemben már nem véd.
Ultraszűrés, nanoszűrés	A mikroorganizmusokat eltávolítja.	Visszatekintő hatású, a másodlagos folyamatokkal szemben már nem véd.
Biológiai szűrés (partiszűrés)	A szerves anyag kivonásával a mikroorganizmusokat megfosztja az „élelemtől”.	Előrettekintő hatású, ez az eljárás biztosítja leginkább a víz mikrobiológiai stabilitását .

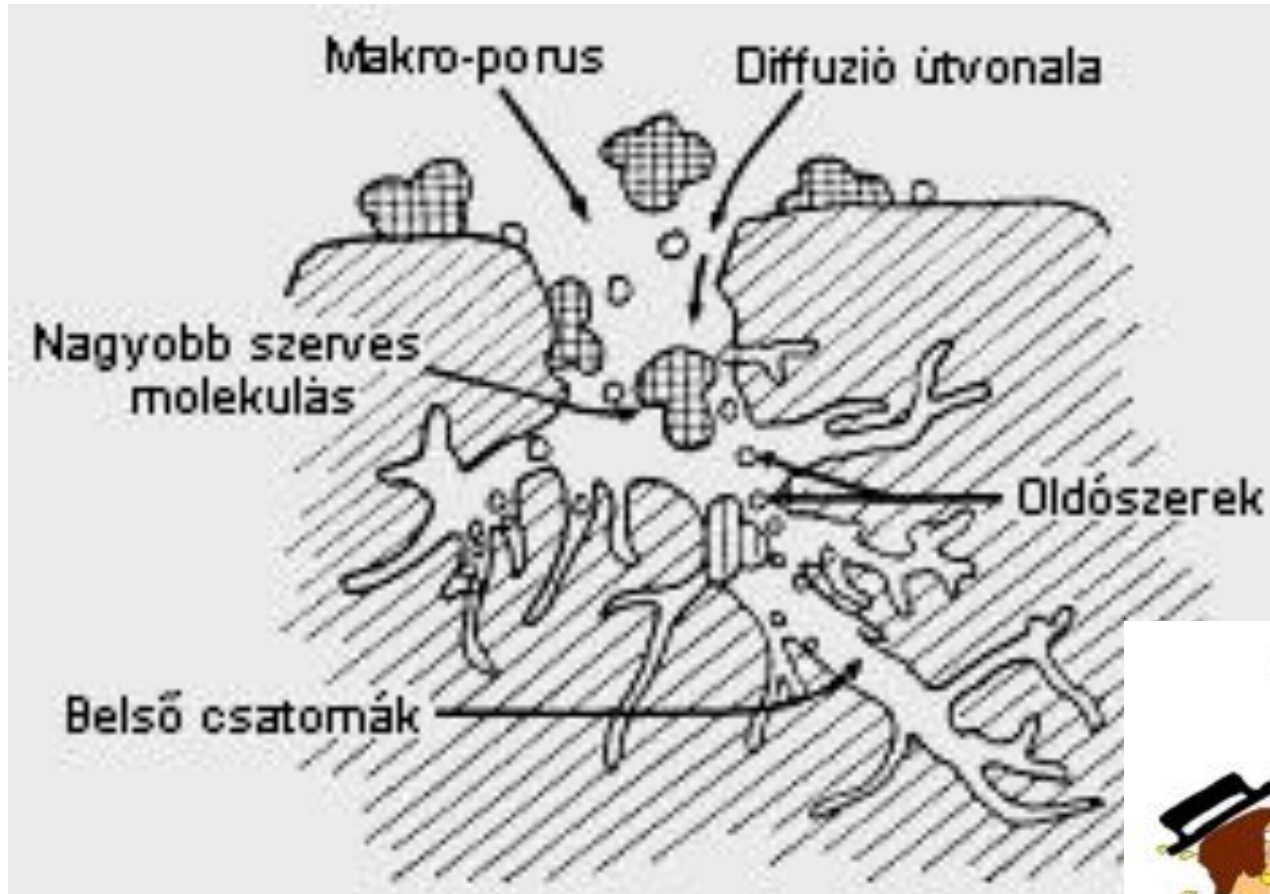
Hőmérséklet növelése

csak a fogyasztás helyén jöhet szóba

Szűrés homok szűrőközeggel

	Partiszűrés		Lassúszűrés		Gyorszűrés		
d_m	1,3	mm	1,3	mm	1,3	mm	ua.
w	0,1	m/d	0,1	m/h	15	m/h	
D_s	5,00E-10	m ² /s	5,00E-10	m ² /s	5,00E-10	m ² /s	ua.
v	1,30E-06	m ² /s	1,30E-06	m ² /s	1,30E-06	m ² /s	ua.
Re	0,0012	lamináris	0,03	lamináris	4,17	lamináris	
Pe	3,0	hatékony biológia	72,2	van biológia	10833,3	nincs biológia	

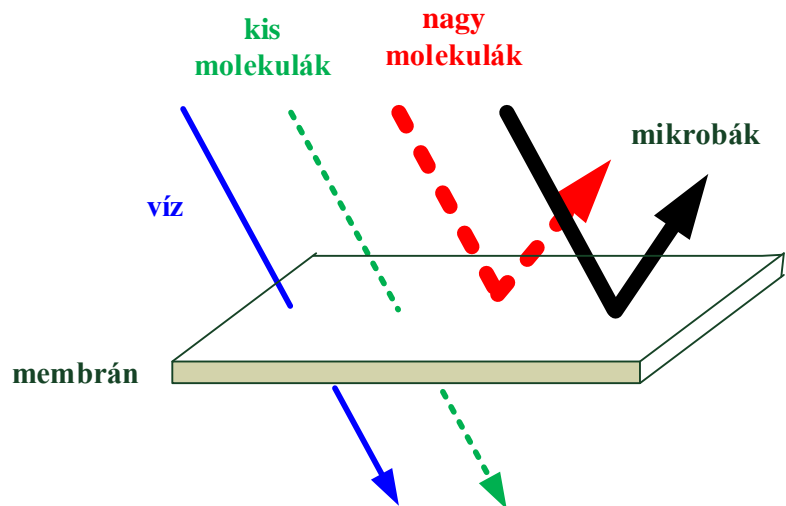
Adsorpció vagy abszorpció



Adsorption versus Absorption

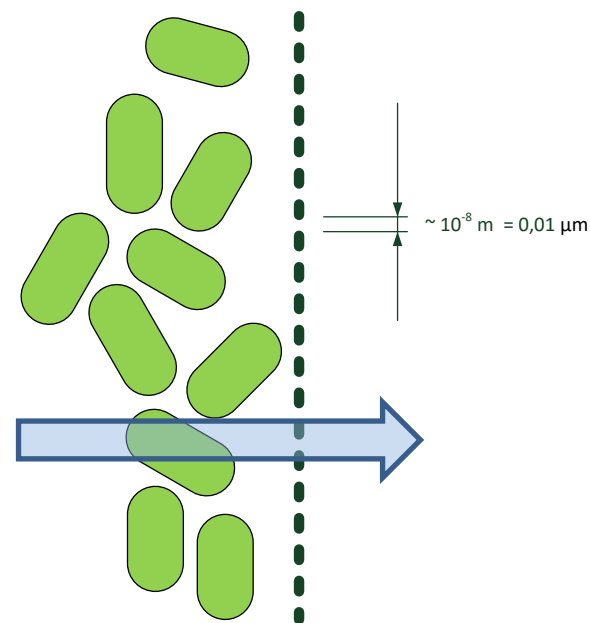


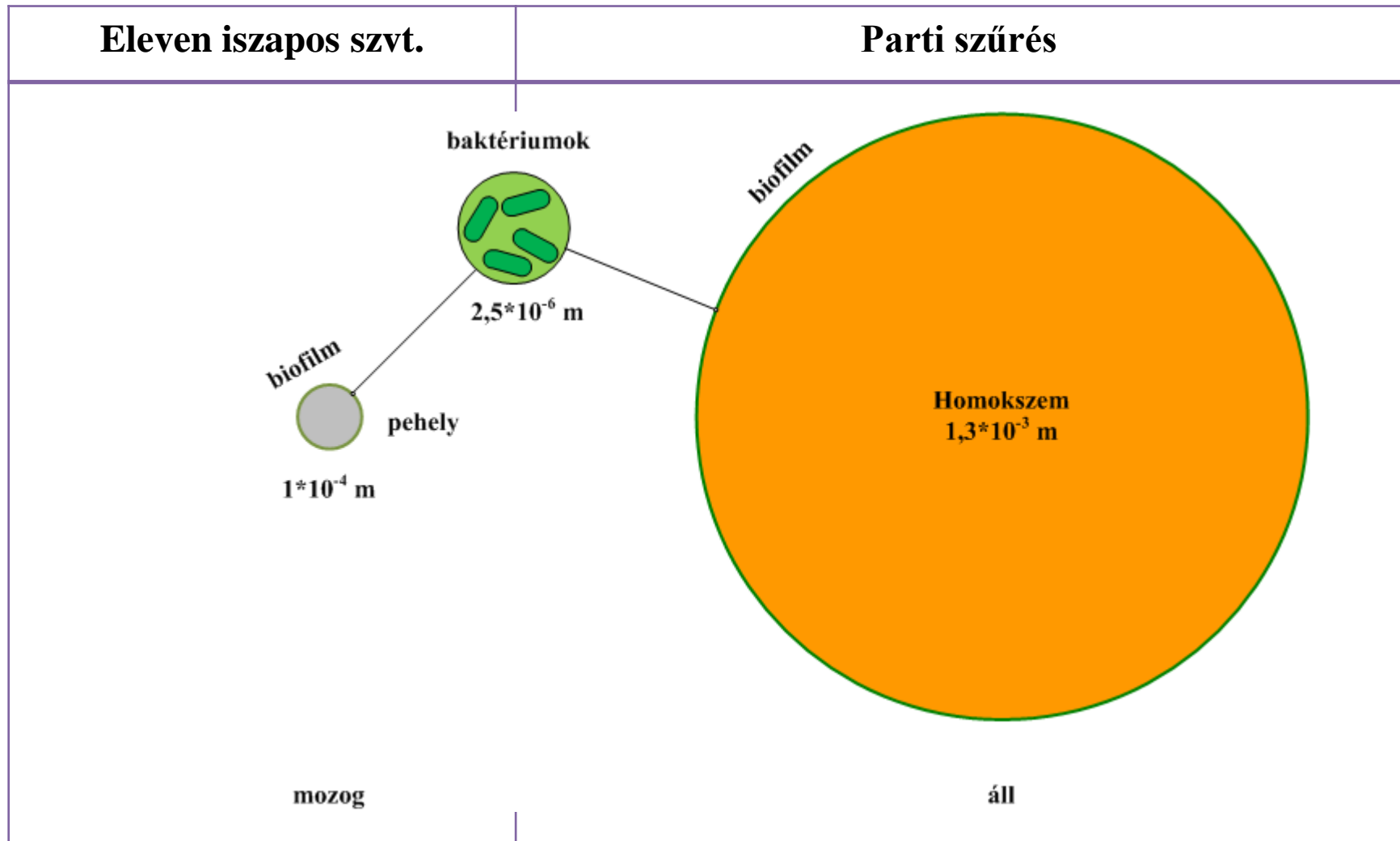
MBR (membrán vagy bio reaktor)



Ultraszűrés

d_e egyenértékű szemcseátmérő	2,71E-03	m
w szűrési sebesség (átlépési sebesség)	1,04E-05	m/s
D_s	5E-10	m ² /s
$Pe_{\text{ultraszűrés}}$	56	





Odabent baktériumok dolgoznak!

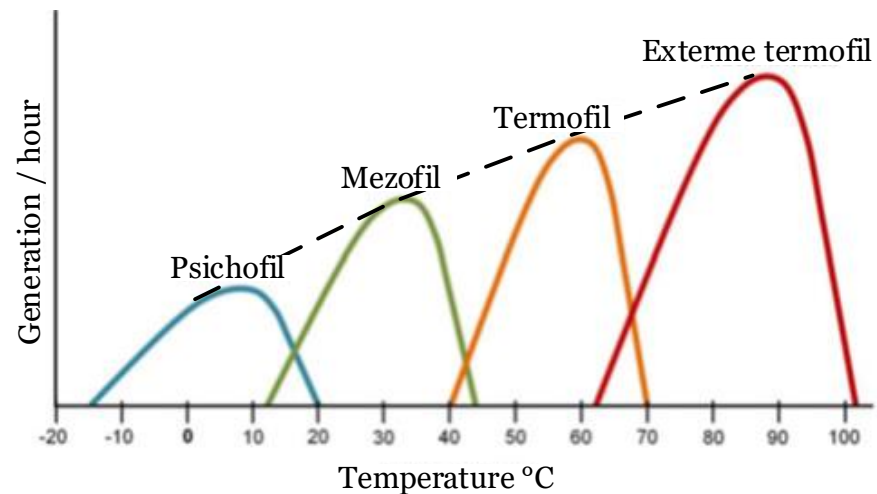


Három dolog fontos:

- keverés
- melegítés,
- dezintegráció

Ezek akciók,
amelyek csökkentik a Pe-számot,
növelik a gázkihozatazt.

Mi magyarázza a „kvantumos” jelleget?





These are taps !

Köszönöm a figyelmet !