

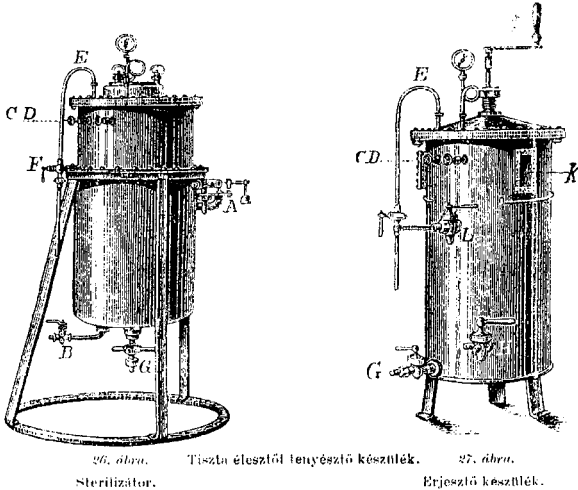


AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Az erjesztő készülékbe, a gőzzel való sterilizálása után a sterilizátorból tápanyag szorítottatik be, a mely tápanyag laboratóriumban készült tiszta élesztővel van keverve. Ha az erjedés bevégeződött, akkor a készülék tápanyaggal megtöltetik és felkeverés után csekély rész kivételével kiürítettetik.

Az így nyert tápanyag élesztővel együtt alkalmaztatik az üzemben. A benntmaradó részhez új tápanyagot adva, az élesztő továbbsporítására szolgál. Ezen eljárás által képesek vagyunk tiszta élesztőt előállítani új tiszta kultúra nélkül, mert az erjesztőkészülékbe visszamaradó rész új élesztőmennyiség előállítására használható fel.



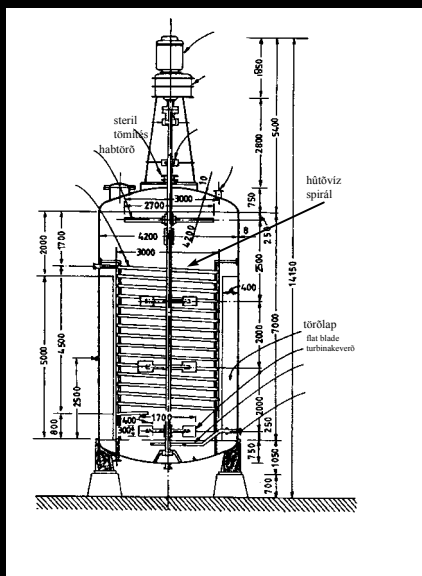
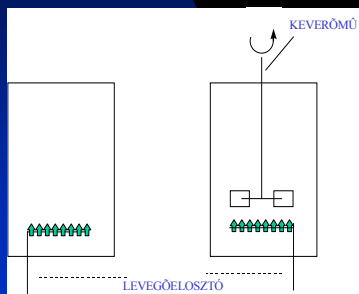
26. ábra. Sterilizátor. Tiszta élesztőt tenyésztő készülék. 27. ábra. Erjesztő készülék.



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

A két alaptípusnak igen sok változata terjedt el a gyakorlatban. Legelterjedtebb aerob reaktor a (gyógyszeripari) kevert-levegőztetett reaktor



AEROB BIOREAKTOROK

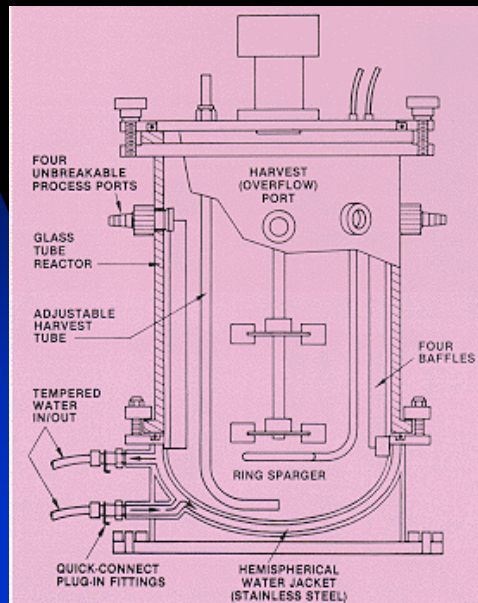
BIM2
2002



LEVEGŐZTETÉS 3

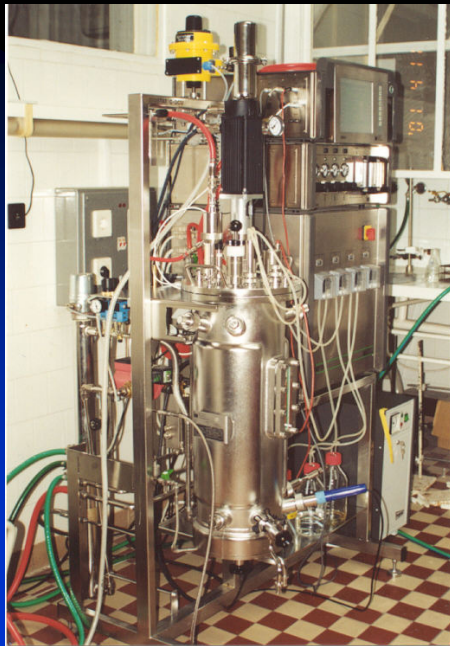
BIM2
2002

New Brunswick Scientific Co



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



B. Braun
BIOSTAT DCU

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Bioreaktorokkal szemben támasztható speciális igények:

1. Finom diszperzió mind a gáz- és folyadékfázis, mind a szubsztrátok vonatkozásában (jó keveredési viszonyok).
2. Jó anyag- és hőátadási tulajdonságok.
3. Biztonságos, steril üzem mód lehetősége.
4. Mechanikai stabilitás.
5. Egyszerű konstrukció, üzem mód ill. üzemeltetés.
6. Jó "számíthatóság", azaz a tervezés és méretnövelés szempontjából ismerni kell a rendszert.



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

70-es évek: SCP fermentációs technológiák akár néhány 1000 m³-es reaktorok is szükségessé váltak: ICI (ma: ZENECA)
2300/1560 m³-es reaktort SCP előállítására céljára.

Nem konvencionális szubsztrátok (cellulóz, szénhidrogének: metán, paraffinok, alkanolok: metanol, etanol).

PÉLDA SCP üzem metanolon, folytonos kemosztát technológia gazdaságos lehet, ha:

$$X \approx 20-25 \text{ kg/m}^3, D = \mu = 0,2 \text{ h}^{-1}$$

$$J = D \cdot X = (0,2 \text{ h}^{-1}) \cdot 25 \text{ kg/m}^3 = 5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{h}$$

$$Y_{X/S} = 0,5 \quad dS/dt = 10 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{h} \text{ metanol}$$

$$Y_O = 0,53 \text{ kg sejt/kg oxigén (Methylomonas)}$$

$$\text{OTR} = 9,4 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \cdot \text{h}$$

képződött és elvonandó metabolikus hő

$$9,4 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \cdot \text{h} \cdot 518 \text{ KJ/mol} \cdot (1000/32) \text{ mol/kg} = 152000 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{h} (=42,2 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{h})$$

maximum $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ mellett

hőátadási probléma!!



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Bioreaktorok csoportosítása

egységnyi térfogatba bevitt energia jelentősége!

ENERGIABEVITEL SZEMPONTJÁBÓL.

- 1 ♣ energiabevitel mechanikusan mozgatott belső reaktor- elemekkel (keverős reaktor)
- 2 ♣ energiabevitel külső folyadékszivattyúval
- 3 ♣ energiabevitel a komprimált gázzal.

Keverős reaktorok (STR, stirred tank reactor) 1 3

lécirkulációs vagy hurokreaktorok (LR, loop reactor) 2 3

lécirkuláció helye szerint

lémozgatás szempontjából

belső vagy külső lécirkuláció

pneumatikus és mechanikus cirkuláció



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Keverős bioreaktorok (STR)

„finom-fermentációs” iparokban (ab, enzimek, nukleotidok, aminosavak).

ELŐNYÖK

- ♣ Sok célú felhasználásra alkalmasak: szakaszos, félfolytonos, rátáplálásos szakaszos és folytonos, könnyű a termékváltás
- ♣ Széles fermentálé viszkozitás tartományban, $\mu \geq 2$ Pa.s nem newtoni fermentlevek esetén is felhasználhatók
fonalas mikroorganizmusok,
poliszacharid fermentációk
- ♣ A legismertebbek az anyagátadás, méretnövelés szempontjából



AEROB BIOREAKTOROK

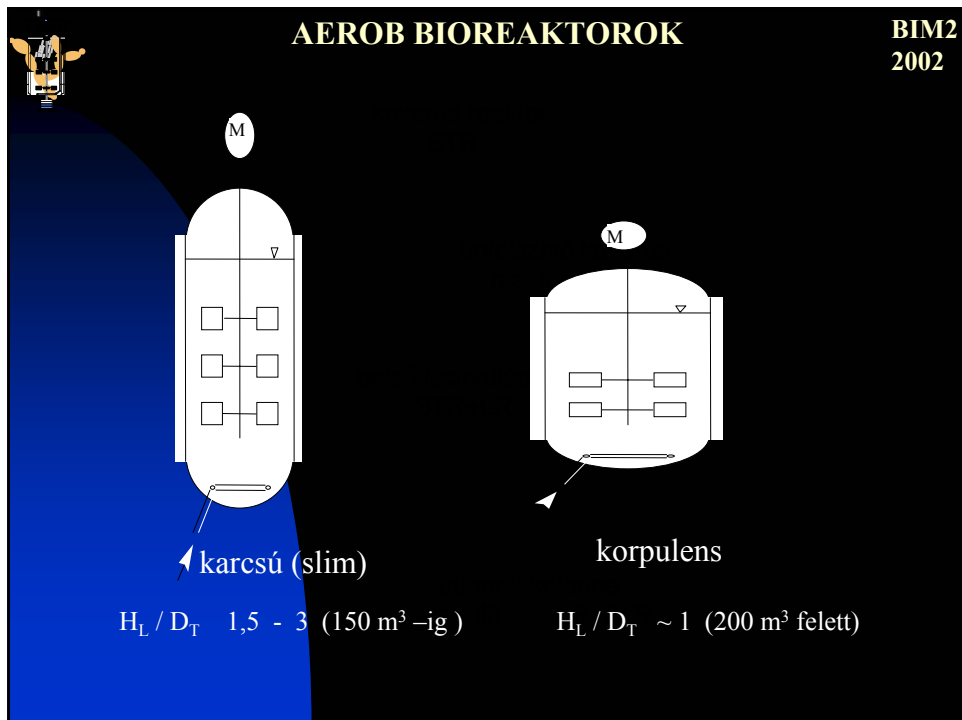
BIM2
2002

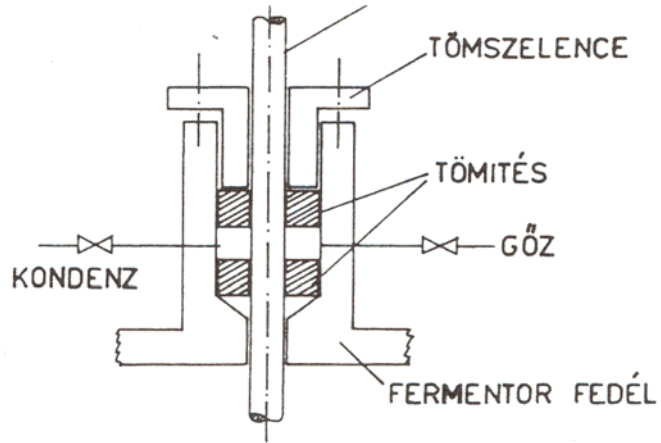
HÁTRÁNYOK

- ♥ Jó gáz/folyadék diszperzió előállítás és keveredési viszonyok csak néhány 100 m³ térfogatú fermentorok esetén
(ma ismerünk 350-450 m³-est is)
- ♥ csak mintegy 2 **VVM** (volume/volume/min, m³/m³.perc) \implies flooding
- ♥ hőelvonás probléma nagyobb reaktoroknál, **F/V arány**
külső hőcsere lehet szükséges
- ♥ OTR 2-5 kgO₂/m³h
oxigénátadás energia igénye 0,8-2 kg O₂/ kWh
- ♥ A keverő hajtómű tengely csapágyazása
steril tengelyvezetést: csúszógyűrűs %
alsó, felső meghajtás

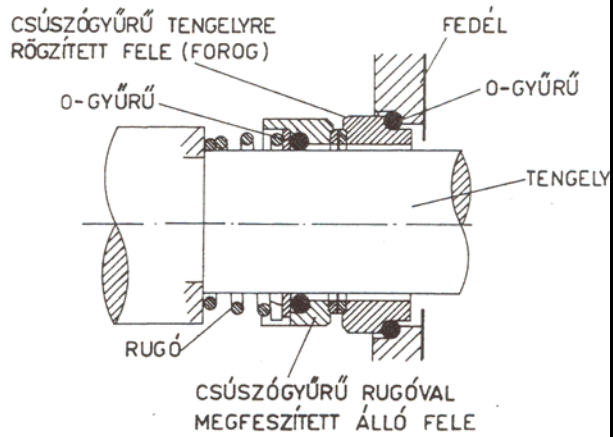
Nem kevert reaktorok előnyei

1. Könnyebb sterilitás-fenntartás: nincs kevtengely bevezetés
2. Nagyon nagy fermentorok is készíthetők: nincs motor méret, keverőtengely hossz és ezek súlya okozta határ.
3. Hűtési igény 20-35%-kal kisebb, mert nincs mechanikus energia bevitel.
4. Mivel nincs kevtengely: nincs erőátvitel, kevesebb acél, olcsóbb bioreaktor.
5. Motor, áttétel, csapágyazás és tömítés fenntartási költségei nincsenek.
6. A változtatható levegőztetésű reaktor olyan mint egy változtatható keverésű de motor és meghajtási zaj nélkül
7. A légkompresszorok akár gőzhajtásúak is lehetnek: költséghatékonyság, és rövid áramszüneteknél nincs kiesés.



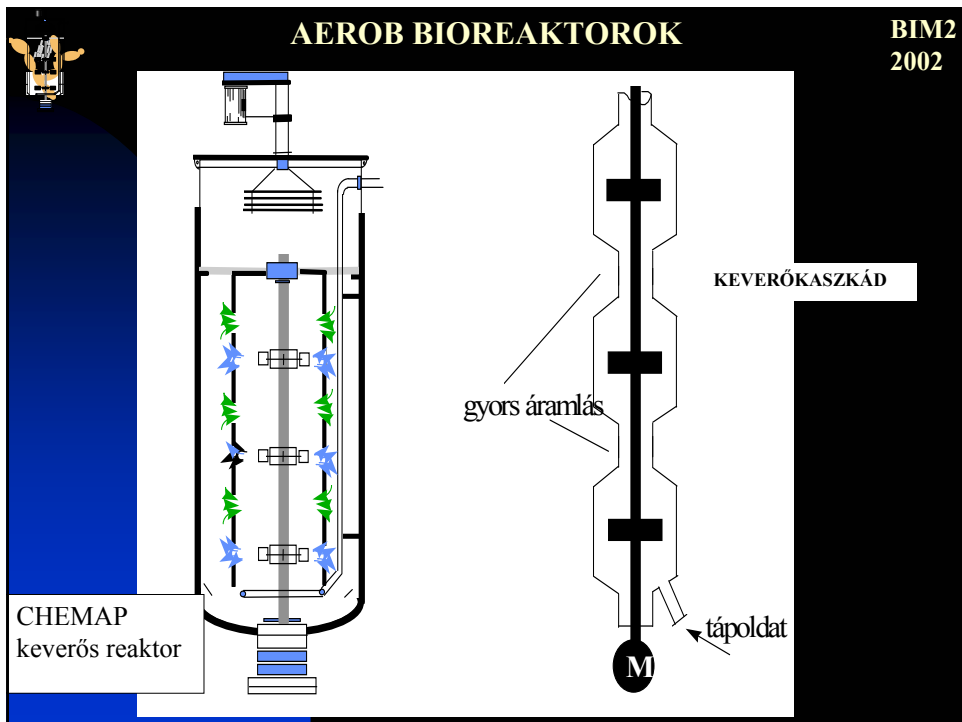
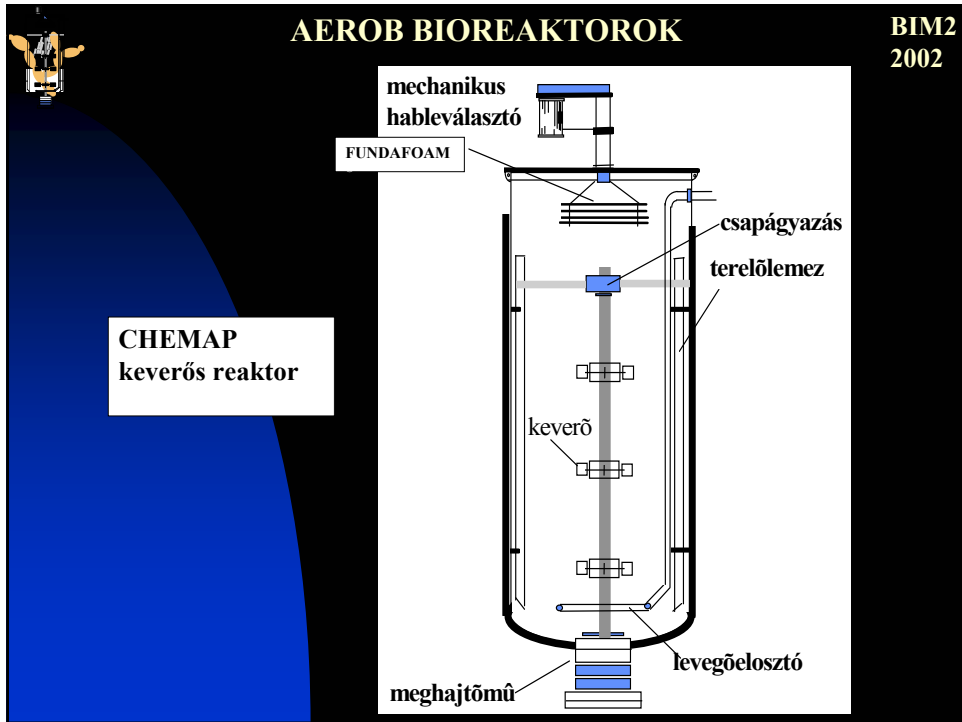


a., HAGYOMÁNYOS MEGOLDÁS



b., CSÚSZÓGYŰRŰS MEGOLDÁS

80. ábra
Steril tengelytömítések



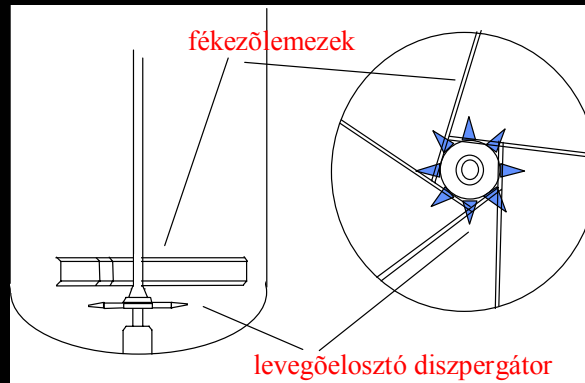
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Vogelbusch-fermentor

VVM-től függően
3-5 kgO₂/m₃·h OTR
1-2,5 kgO₂/kWh

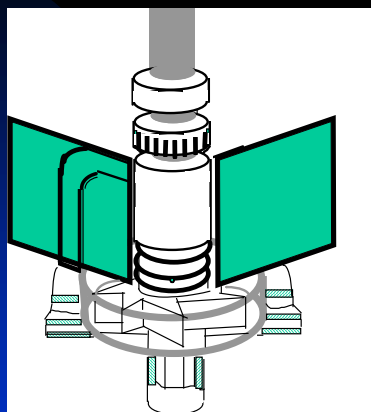
Budafoki Szesz- és Élesztőgyárban
pékélesztő fermentációs technológia
reaktoraként.



AEROB BIOREAKTOROK

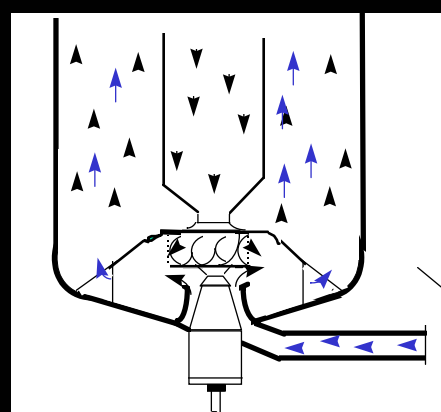
BIM2
2002

Valódi turbinakeverőket alkalmazó fermentorok



FRINGS acetátor

0,3-0,8 VVM 2-2,5 kg/m³ h
önfelszívó



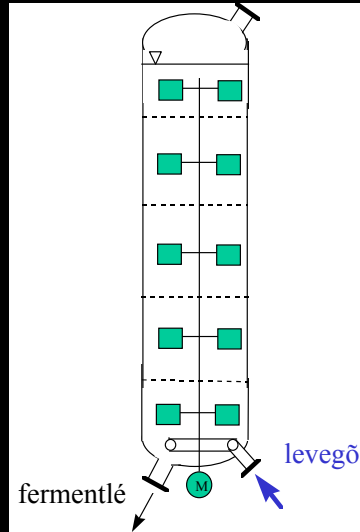
ELECTROLUX turbina keverő
rendszer

Nem önfelszívó

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

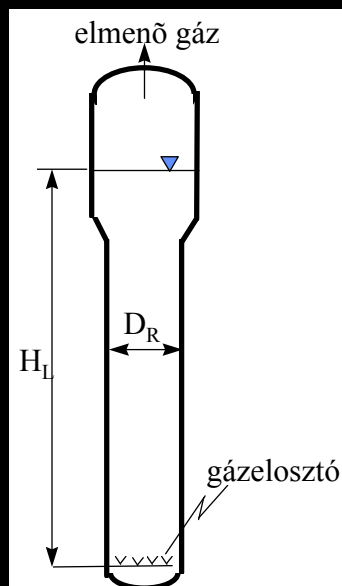
Szitatányéros fermentor

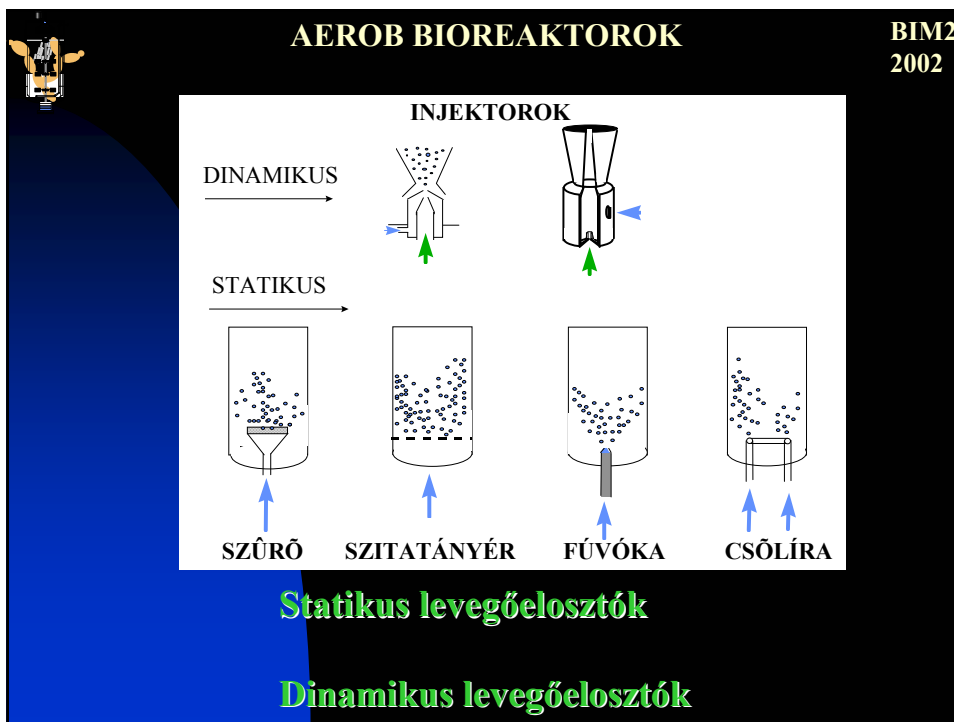
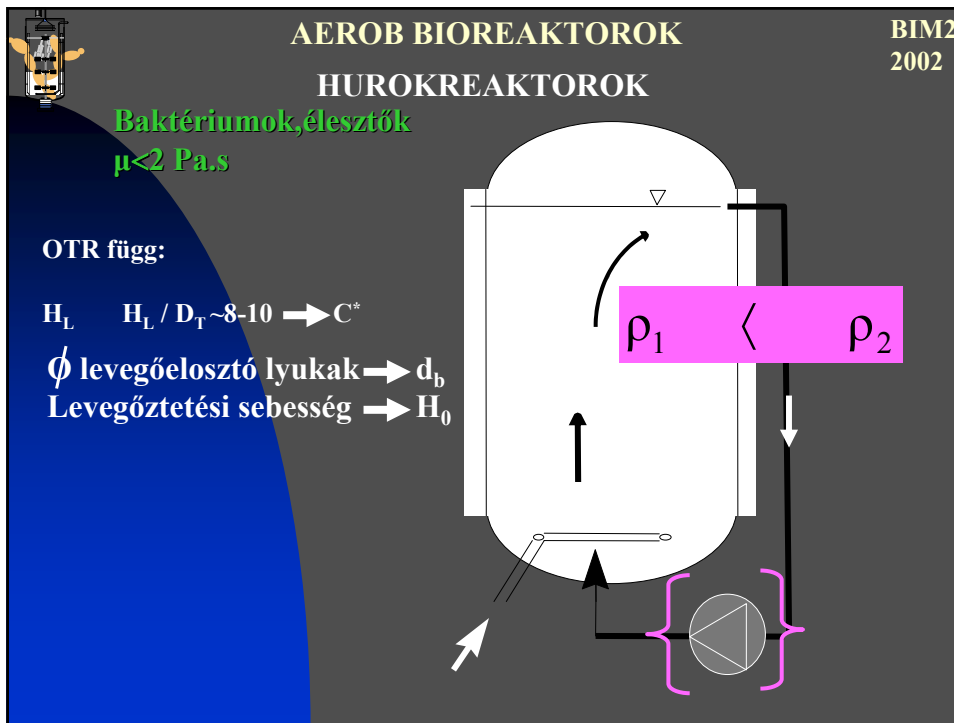


AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

buborékkolonna







AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Statikus levegőelosztón: $\Delta p = \Delta p_s + \Delta p_h$
 Δp_s a levegő elosztón

Δp_h a levegőztető feletti fermentlé hidrosztatikai nyomása.

$$\frac{P_g}{V} = \frac{F \rho_g}{V} \left(\frac{\alpha V_0^2}{2} + \frac{RT}{M} \ln \frac{P_0}{P} \right)$$

F = gázsebesség m^3/s , ρ_g = gázszűrűség
 $\alpha \sim 0,06$ a gázelosztón a gáz kinetikus energiájának ez a hányada adódik át a folyadéknak.
 V_0 = lineáris gázsebesség a levegőelosztón,
 P_0 = nyomás a levegőelosztónál,
 P = légköri nyomás.
 $M=29$



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Dinamikus gázelosztók ((*jet* hurokreaktorok (JLR)).

+ hozzá kell számítanunk a folyadéksugar energiát is:

$$\frac{P_L}{V} = \frac{8}{\pi V} \frac{F_L^3}{D_N^2} \rho_l$$

F_L folyadéksugar térfogatárama
 D_N folyadéksugar injektor átmérője.

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Mindkét alaptípusnál (ALR és JLR) a gáz hold up az anyagátadás elsődleges meghatározója.

$$H_0 \propto u_g^n$$

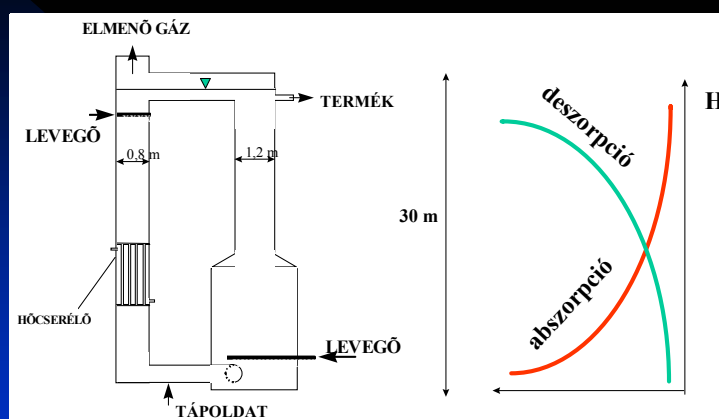
($u_g < 0,05$ m/s), statikus levegő elosztó → **buborékos áramlás** $n = 0,7 - 1,2$

($u_g > 0,05$ m/s), **dinamikus levegő elosztók**
ill. 1 mm-nél nagyobb lyukú statikus levegő elosztók esetén → **Habzó turbulens buborék mozgás** $n = 0,5-0,7$

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

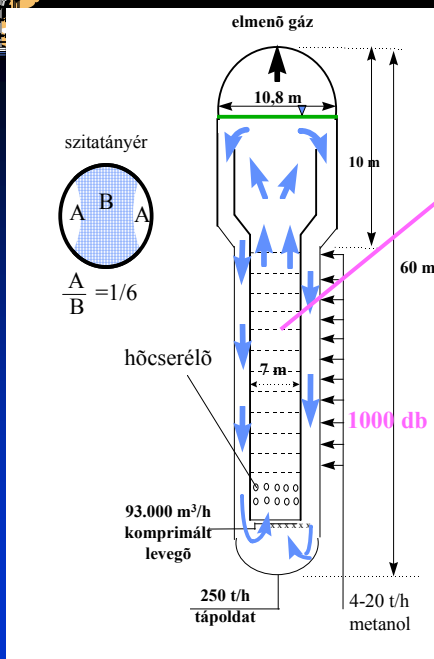
ICI (ma: ZENECA) Pressure Cycle Reactor



70 m³ OTR: 5-15 kg O₂/m³ h

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



2300 m³ 70000 t/év SCP

19 szitatányér rediszperzió
(buborék koaleszcencia)

Buborék sebesség: 0,015-0,03 m/s

Tartózkodási idő
folyadék: 2-10 min !!!

Folyadéksebesség: 0,2-1 m/s

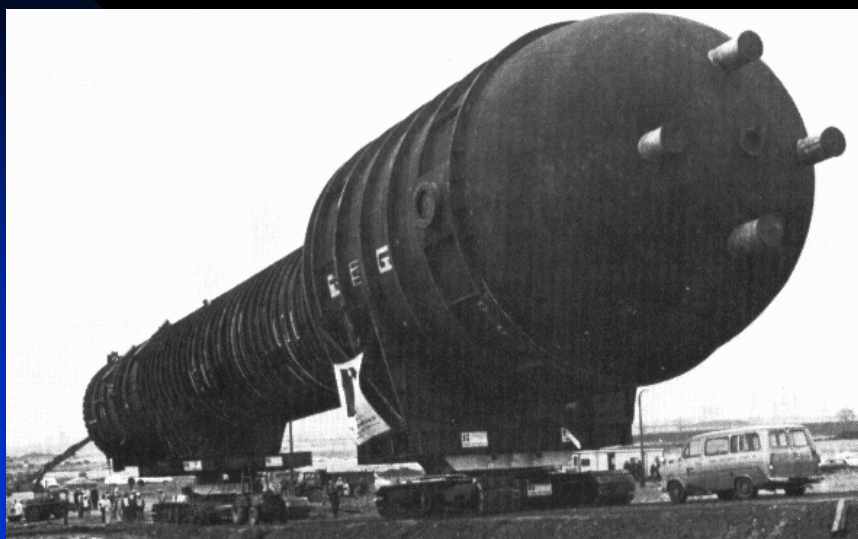
OTR= 8 kg/m³ h

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Billingham, UK

ICI PCR felállítása





AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

ICI PCR felállítása

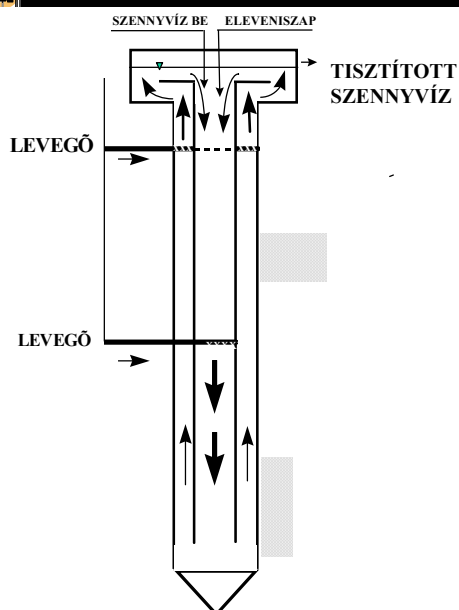
Billingham, UK



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

ICI Deep Shaft PCR



136 m hosszú (mély)

Átmérő: <0,5 m

(földbe ásva "állították fel" Ithacaban az USA egy szennyvíztisztító telepén).

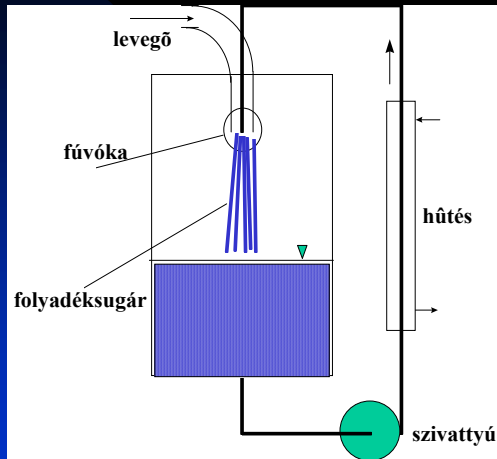
OTR : $2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{h}$
energiafajlagos: $3 \text{ kgO}_2/\text{kWh}$.

Oxigén hasznosulás: > 90%
(keverős kb 10 %)

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

Vogelbusch IZ reaktor



OTR: 12 kg/m³ h

HTPJ (High Turbulence Plunging Jet)

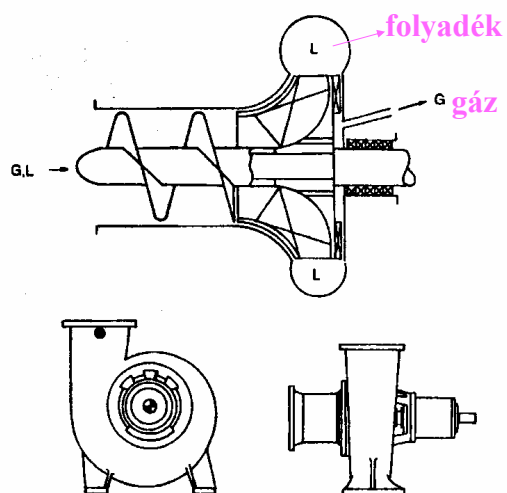
Merülősugaras fermentor

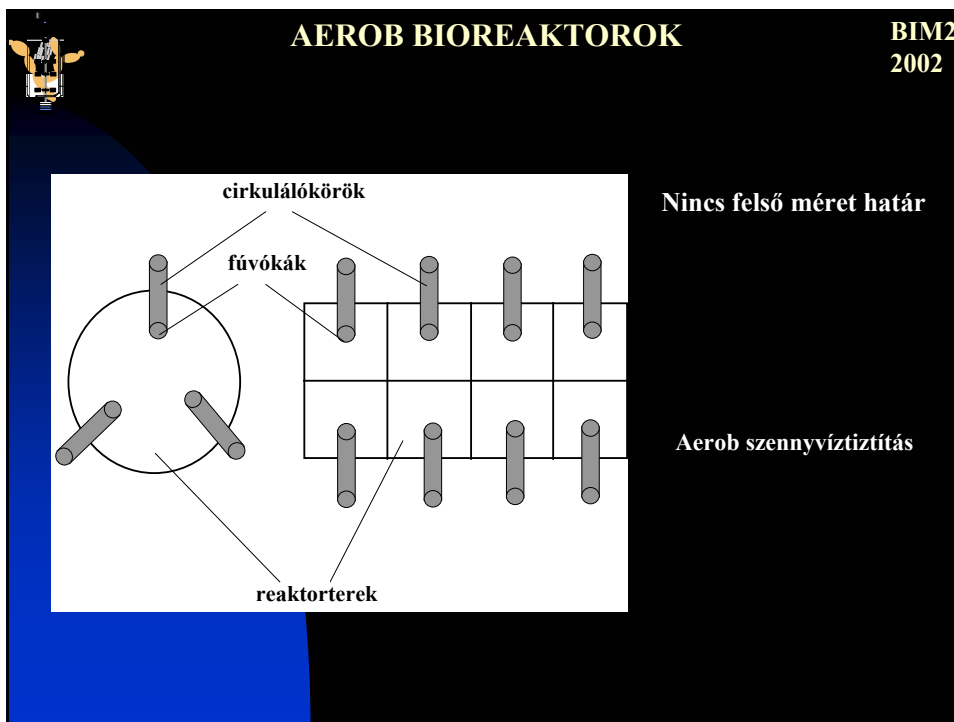
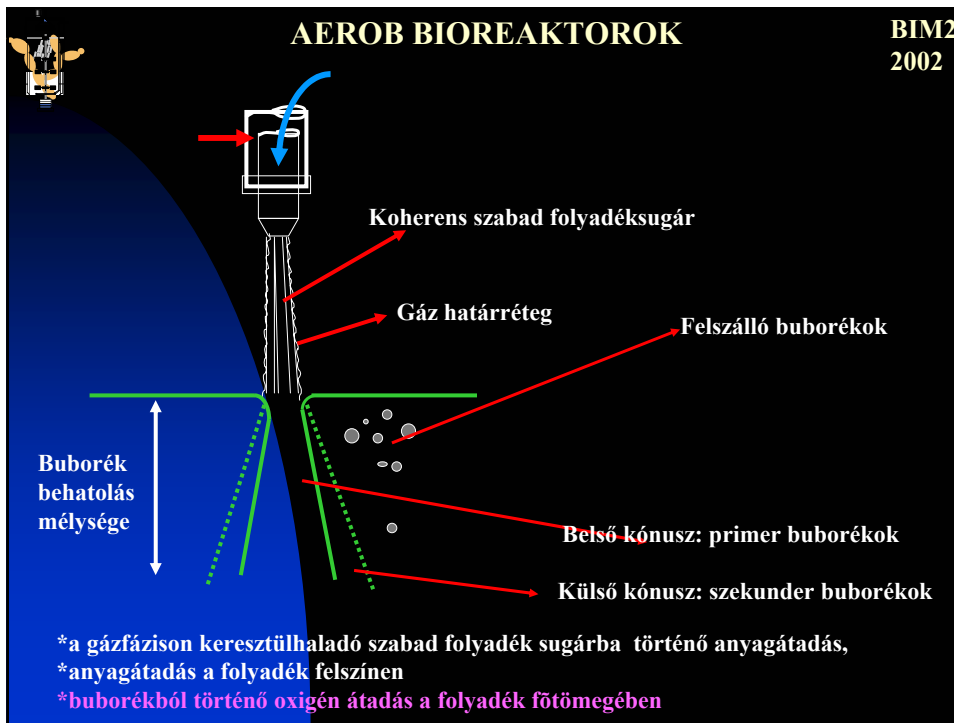
OTR. 30-35 kg/m³ h

Tanszéken lett felállítva 1987-ben.

AEROB BIOREAKTOROK

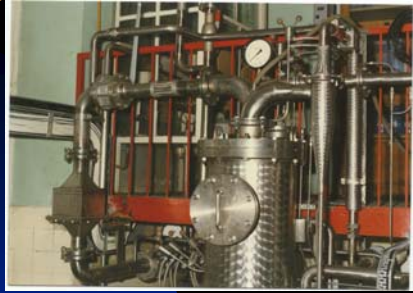
BIM2
2002





AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



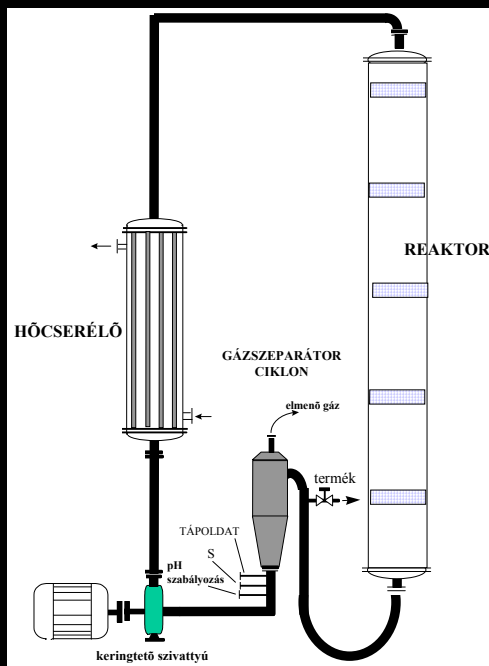
Csőreaktorok

50 dm³

OTR: 20-40 kg/m³ h

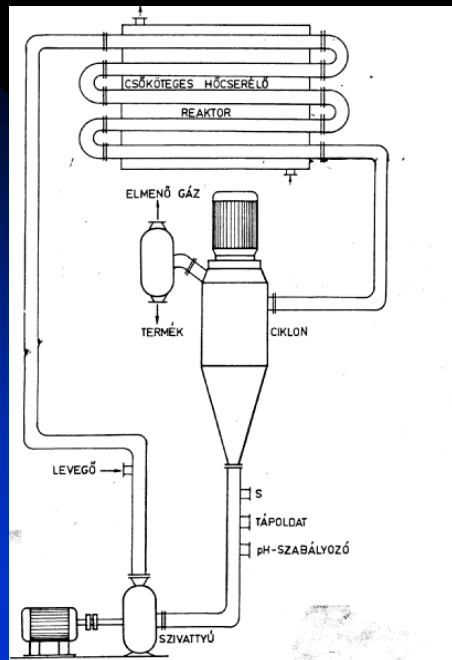
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

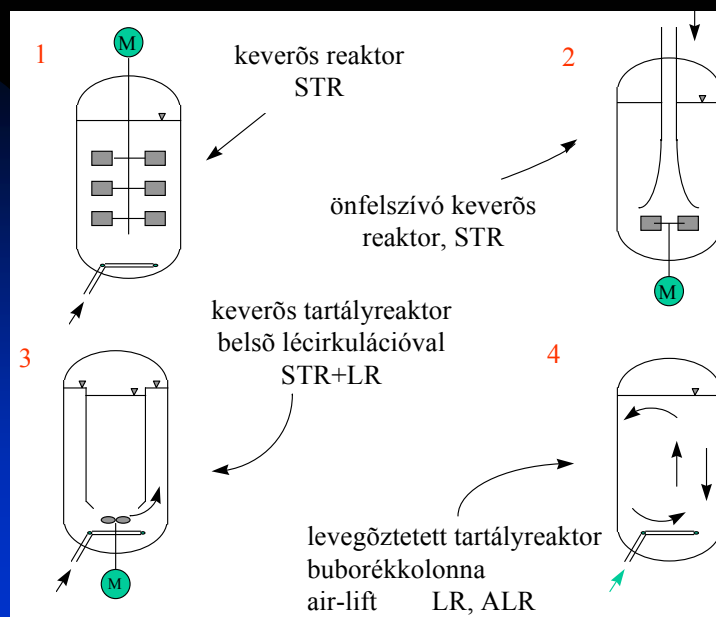


34 dm³

OTR: 30-50 kg/m³ h

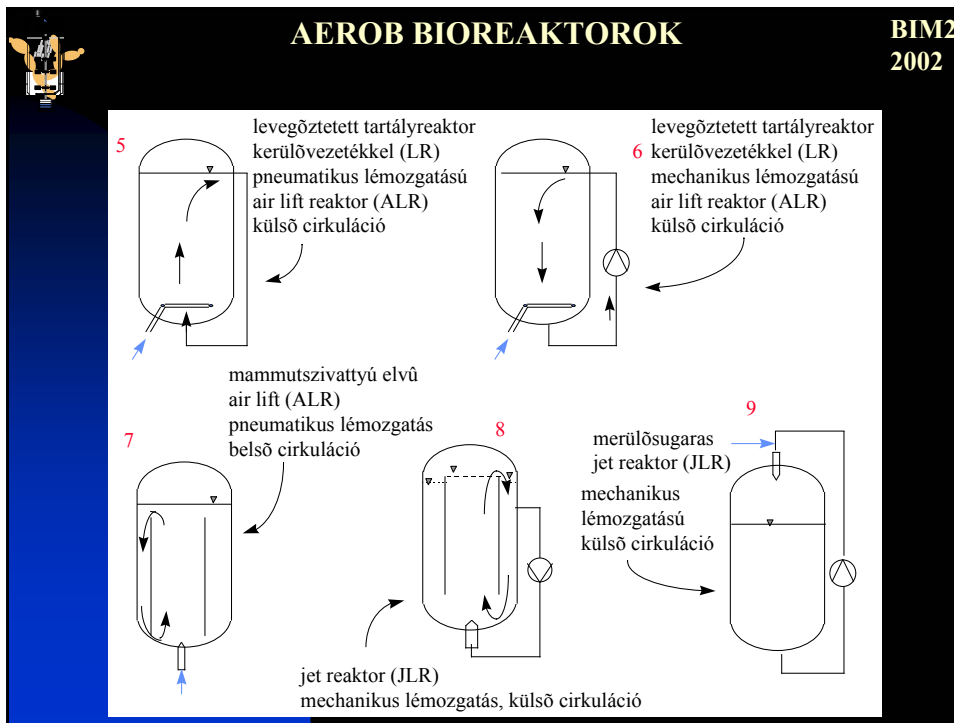
AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002



AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

LEVEGŐZTETÉS TÍPUSA	FERMENTORTÍPUS	GÁZ FÁZIS	GÁZ SEBESSÉG ms ⁻¹	a m ⁻¹	H ₂ O %
lyuggatott tányér	Pressure Cycle	diszperz	0,6	50	50-90
töltött oszlop	Trickling filter (szennyvíztiszt.)	folytonos	0,9	16	90
buborékkolonna	-	diszperz	0,02	7	8
STR	-	diszperz	0,06	25	15

AEROB BIOREAKTOROK							BIM2 2002
TÍPUS	μ Pa.s	Mechanikus teljesítmény bevitel kW/m ³	Teljesítmény bevitel levegővel kW/m ³	$K_L a$ h ⁻¹	OTR kg/m ³ h	V_{max} m ³	
STR (flat blade)	>2	2-5	4,5	200	3	450	
STR (turbina)	<2	3	(1)	720	5	80- 160	
Levegőztetett tartály kerülővezetékekkel		(1)	3	2-300	6	400	
Buborékkolonna			2,5 5 1	160 400 3-4000	6 6	500	
Pressure Cycle			5	400	8 5-15	2300	
Merülőszegély	<0,1	3,5	1	600	4,5-12	300	
Szitatányéros			3,5	300- 1000	5	80	
JLR	<0,1	1,5	3,5	700	8	200	
JLR (mammut- szivattyú)	<0,1		3,5	350	7	400	
JLR (csőreaktor)					30-50		

AEROB BIOREAKTOROK			BIM2 2002
Típus	H_L [m]	E_{O_2} [kg O ₂ /kWh]	
STR			
Turbinakeverős	3	2-2,5	
Propellerkeverős	3	0,8-1,1	
Merülőszegély	10	0,88-3	
Pressure Cycle		(6,6 kW/m ³) 1,5 (1,5 kW/m ³) 2,0 (1 kW/m ³) 3,0	
Deep Shaft			
Buborék kolonna perforált lapu gázelosztóval	10	3,39	
Buborék kolonna szinterezett acél gázelosztóval	4	4,0	
ALR fúvókás jet		2,1	

AEROB BIOREAKTOROK

BIM2
2002

