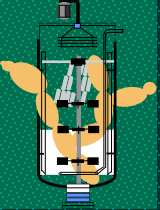


$$K_L a = k \left(\frac{P_g}{V} \right)^\alpha v_s^\beta N^{0,5} \mu_{app}^\gamma$$



A nyírás hatása a növekedésre

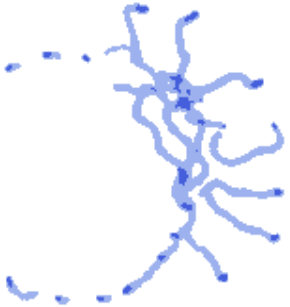
fonalias bakt., gombák \longrightarrow ferm.lé-szerkezet \longrightarrow nem newtoni viselkedés
 keverő fordulatszáma \longrightarrow NYÍRÁS \longrightarrow sejtek fizikai károsodása

GÖBÖS (pelletes) növekedés

GÖMBÜK

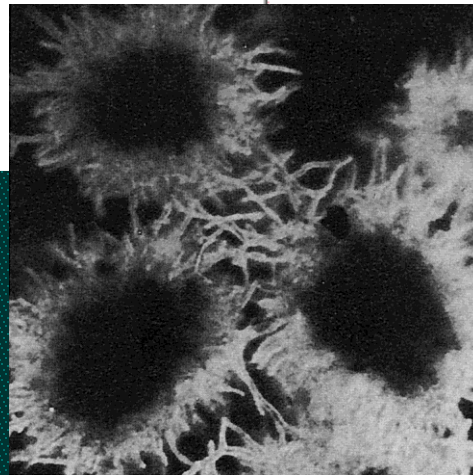


v.
"Sűrös"



néhány tizedtől — 5-10 mm ÁTMÉRŐ

newtoni viselkedésűek, $\mu \ll$ fonalias növekedés
 Gyakran kedvezőtlen a fermentációra, de
 pl. az oldott oxigénszintre érzékeny citromsav-
 fermentáció (*A.niger*) során sokkal kedvezőbb a
 göbös, mint a fonalias morfológia.





Pelletes fonalások:

nyírás két módon roncsolhatja a göböket: **pellikulumok szakadoznak le, göbök közvetlen szétesése**

- "göb kopási" folyamat :

$$\frac{dD_P}{dt} = -k_c (ND_i)^{5,5} D_P^{5,7}$$

D_P a pillanatnyi pelletátmérő

- göbszétesési folyamat kinetikája:

$$\frac{dn}{dt} = -k_r n^{N \cdot D_i = \text{kerületi seb} = \text{nyíró seb}}$$

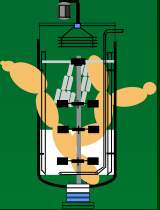
n göb koncentráció

k_r (erősen függ a keverés körülményeitől)

$$n = n_0 \exp\left(-\alpha \left[D_P^{3,2} N^{6,65} D_i^{8,75} \right] t\right)$$

Minél nagyobb pellett, annál érzékenyebb

Nyírásérzékeny sejtek! Állati, növényi (más keverő, perfúziós membrán stb.)



LÉPTÉKNÖVELÉS

BIM2

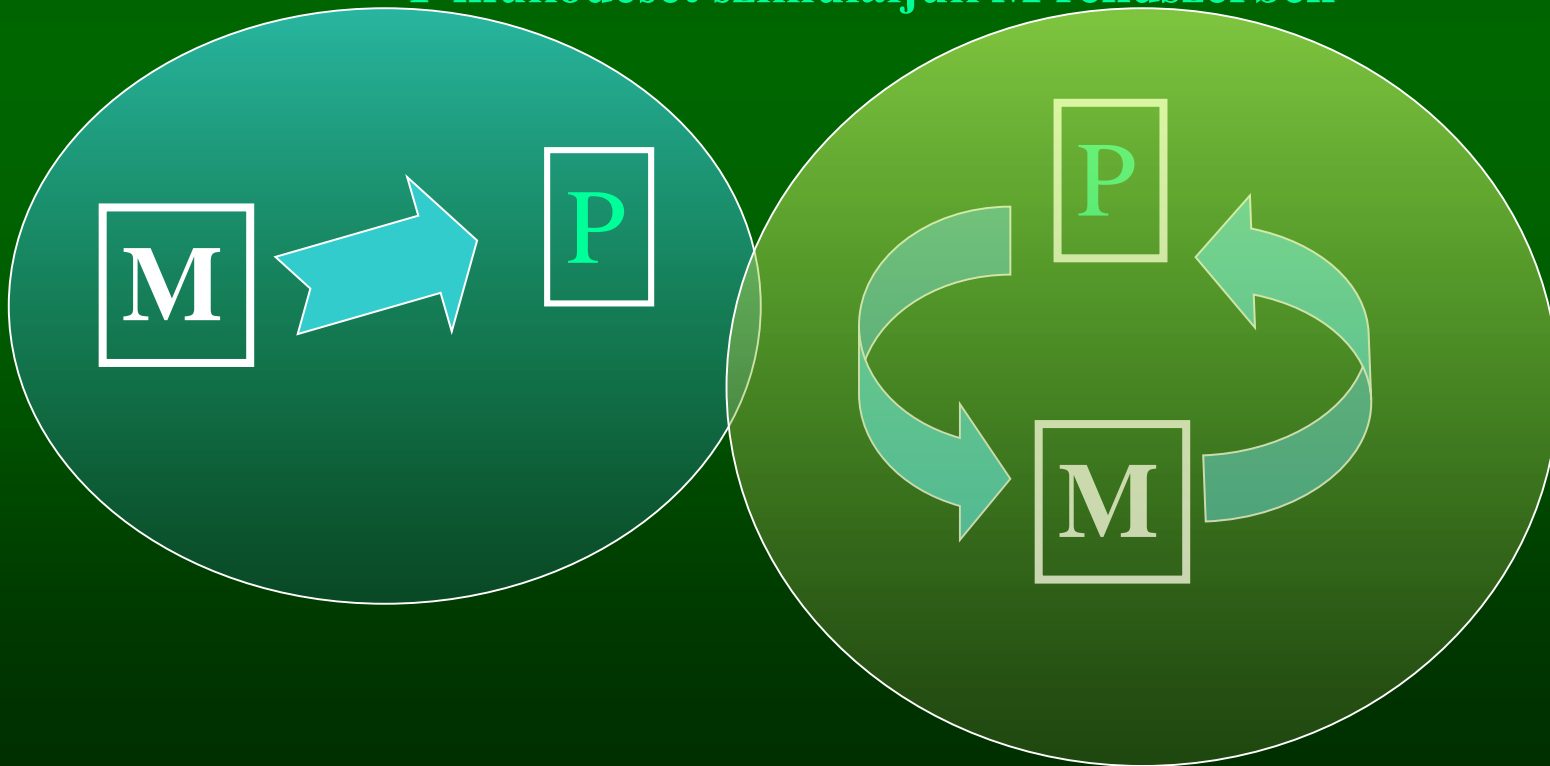
2002

1) A kisléptékű **M(odell)** rendszertől a nagyléptékű **P(rodukción, termelő)** rendszer kialakításáig vezető folyamat a léptéknövelés (**scale up**).

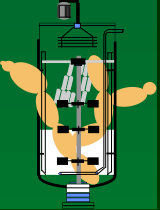
2) **DE: termelő méretek tényleges növekedése!**

~~Fenntartható fejlődés
=létpk növelés~~

Nagy léptékben történő kísérletezés nagy gazdasági kockázata.
léptékcsökkenés (scale down)
P működését szimuláljuk M rendszerben



Hiányzik az új jegyzetből!!!



MI A GOND???

HÁROMFÉLE leíró TULAJDONSÁG CSOPORT

- termodinamikai viselkedés* (gázok oldhatósága egy adott összetételû tápoldatban)
- mikrokinetikai viselkedés*: a (mikroba)sejt közvetlen környezetében levő tápanyag- és anyagcsere termékek koncentrációja



MÉRETFÜGGETLEN

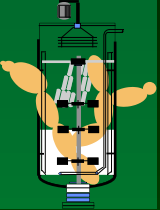
MÉRETFÜGGŐ



- transzport jelenségek* (hőátadás, anyagátadás, momentum transzport).

SEBESSÉGMEGHATÁROZÓ LÉPÉS KONCEPCIÓ

Időállandók [1/idő] k_1, k_2, K_1a, \dots =characteristic time



transzport jelenségek - időállandók

KONVEKCIÓ - szállítás

$$t_k = \frac{L}{v} = \frac{\text{hossz...}}{\text{sebesség..}}$$



$$t_k = \frac{L}{v} \frac{\phi}{\phi}$$

KONDUKCIÓ – vezetés (diffúzió, diszperzió)

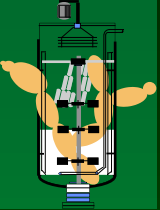
O₂ - átadás

$$t_k = \frac{L^2}{D}$$



$$t_k = \frac{L^2}{D} \frac{\phi^2}{???$$

Diff.áll.



SEBESSÉGMEGHATÁROZÓ LÉPÉS KONCEPCIÓ

M

Rendszerint folyamat-kinetika függő = a reakciók időállandói a legnagyobbak. **REAKCIÓREZSIM**

mikrokinetika

=

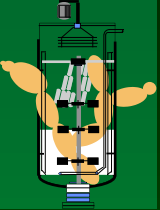
MAKROKINETIKA

+

P

Rendszerint folyamat transzport függő = az átadási folyamatok időállandói a legnagyobbak. **TRANSZPORT REZSIM**

transzport



+

BIOLÓGIAI TULAJDONSÁGOK:

NÖVEKEDÉS, ADAPTÁCIÓ, MORFOLÓGIA
HALÁL, NYÍRÁSÉRZÉKENYSÉG

LÉPTÉKNÖVELÉS **ELMÉLETI** LÉPÉSEI:

1 *KÍSÉRLETEK **M**RENDSZERBEN SZÉLES KÖRNYEZETI FELTÉTEL
TARTOMÁNYBAN (S_i , C, pH, T, nyírósebesség,...)

Labor és pilot plant-ban

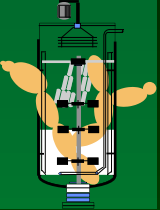
FUNDAMENTÁLIS

*OPTIMUM TARTOMÁNY KIJELÖLÉSE

MIKROKINETIKA

*KIGÉSZÍTÉS TRANSZPORT EGYENLETEKKEL

*MAKROKINETIKAI EGYENLETEK MEGOLDÁSA



-LEGEGYSZERŰBB HIDRODINAMIKAI FELTÉTELEK MELLETT IS MEGOLDHATATLANOK AZ EGYENLETEK

1

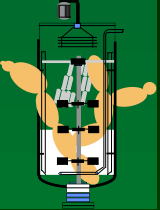
-AZ EREDMÉNYEK GYAKRAN ELLENTMONDÁSOSAK

2 SZEMI-FUNDAMENTÁLIS MÓDSZER

engedményeket tesznek (pl.: idealizált rsz.) a mérleg egyenletek felírásánál.

Egyszerűbb, kezelhetőbb alakokat használnak fel.

reaktortechnika ismert modelljei (CSTR, PFR, diszperziós modell, sorbakapcsolt kevert reaktor modell, RTD-függvények stb.)



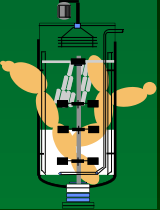
3 Dimenzionál analízis.

DIMENZIÓMENTES CSOPORTOK ÁLLANDÓ ÉRTÉKEN TARTÁSA

Időállókat rejtenek

4 TAPASZTALATI SZABÁLYOK (rules of thumb)

A 2. és 4. módszerek a léptéknövelés helyes tartományaira (nagyságrend) adnak felvilágosítást. A felsorolt módszerek egyikét sem alkalmazzák kizárólagosan, a "tudományos" módszereket (2,3) általában kombinálják a tapasztalati szabályok felhasználásával.



milyen paramétereket válasszunk léptéknövelési kritériumként (*idem*-ként)?

kötelezők: lényeges környezeti paraméterek ($^{\circ}\text{C}$, S, pH...)

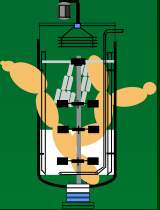
leggyakrabban *idem*ként választott paraméterek:

+

- ♣ $K_L a$ - ahol az oxigénátadás szerepe kitűntetett (ez a leggyakoribb).
- ♣ Keverősebesség - nyírásra érzékeny, nem nagy oxigénigényű fermentációknál (pl. állati szövettenyésztés).
- ♣ P/V - az egységnyi térfogatba bevitt keverő energia a jó g/f diszperzióért felelős,
ezen keresztül $K_L a$ -t határozza meg.
- ♣ Keveredési idő - mind az oxigénellátottságra, mind a makrokinetikára (szubsztrát felvétel, ingrediensek elkeveredése, hőátadás) hatással van.
- ♣ Keverő léforgatási teljesítmény - ($\propto ND_i^3$) - összefügg a keveredési idővel.
- ♣ Re-szám.

Ideális: ha mindet *idem*ként

Reális: ezt nem lehet, miért?



Példa:

80 literes keverős fermentorban kidolgozott aerob fermentációs technológiát ültetünk át **10 m³-es** léptékre.

Legyen geometriai hasonlóság a M és P bioreaktor között

(Lineáris)léptéktényező

$$\frac{V_P}{V_M} = \frac{10000}{80} = 125 \quad \longrightarrow \quad \frac{D_P}{D_M} = 5 \quad \frac{D_{iP}}{D_{iM}} = 5$$

Legyen az *idem* P/V

D_i^5

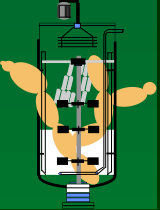
$$P/V \propto N^3 D_i^2$$

Mit kell vizsgálni?

$$N_P^3 D_{iP}^2 = N_M^3 D_{iM}^2$$

D_i^3

$$N_P = N_M \left(\frac{D_{iM}}{D_{iP}} \right)^{\frac{2}{3}} = N_M \left(\frac{1}{5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,34 N_M$$



UGYANAKKOR:

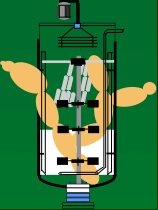
nyírás a keverő élén

$$\frac{N_P D_{iP}}{N_M D_{iM}} = 0,34 \cdot 5 = 1,7$$

$$Re = \frac{ND_i^2 \rho}{\mu} \quad \text{Re-szám}$$

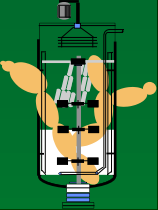
$$\frac{Re_P}{Re_M} = \frac{N_P D_{iP}^2}{N_M D_{iM}^2} = 0,34 \cdot 5^2 = 8,5$$

Geometriai léptéknövelésnél csak egy plusz **idem** választható szabadon!!!



KRITÉRIUM	REAKTOR TÉRFOGAT			
	80 dm ³	80 dm ³	10m ³	10m ³
D _i	1	5	5	5
P/V	1	1	0,2	0,0016
N	1	0,34	0,2	0,04
NDi	1	1,7	1	0,2,
Re	1	8,5	5,0	1

Választott idem, a többi adódik



VVM ???

Példa

10 literről növeljük a léptéket 10 m³-re úgy, hogy a levegőztetés sebességét változatlanul hagyjuk, (pl. 1 VVM).

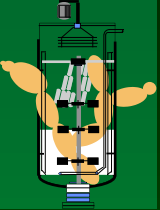
A **M** fermentor keverője 500 min⁻¹ fordulatszámú.

Lineáris Scale faktor:

$$\frac{\sqrt[3]{V_P}}{\sqrt[3]{V_M}} = \frac{D_P}{D_M} = 10$$

IDEM		N _p (rpm)
P/V	→	107
P _g /V	→	85
K _L a	→	79
ND _i		50
t _m (keveredési idő)		1260

Geometriai léptéknövelésnél csak egy plusz **idem** választható szabadon!!!
=>gyakran nem geom.scale up.

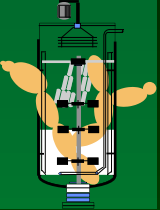


A legtöbb európai fermentációs üzemben bizonyos empirikus szabályokat, összefüggéseket és tapasztalatokat használnak a léptéknövelésben és legtöbbször az oxigénellátottsággal összefüggő idemeket választanak.

A fermentációs iparok	30%	P/V értékét,
	30%	$K_L a$ -t,
	20%	keverő kerületi sebességét
	<u>20%</u>	oldott oxigén koncentrációt
	Σ :100%	

használja léptéknövelési kritériumként

NÉHÁNY TAPASZTALATI SZABÁLY



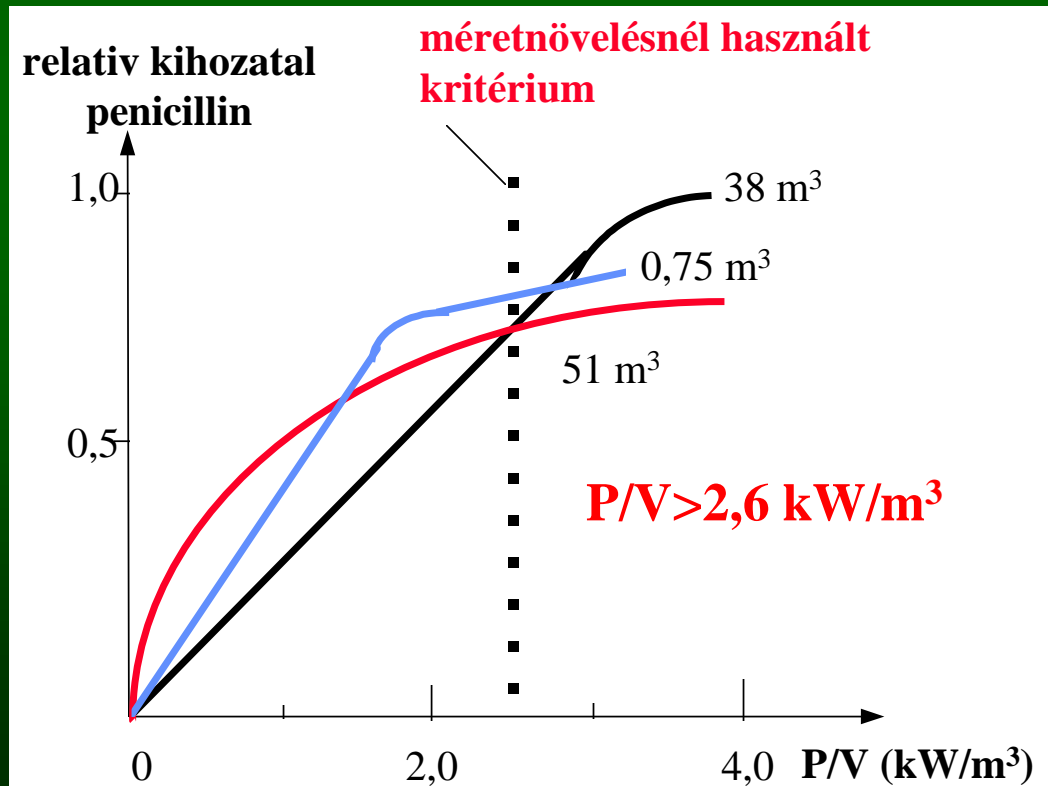
P/V

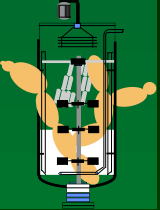
ipari fermentoroknál 1-3 kW/m³ keverő energia bevétel
kísérleti üzemi léptékűeknél 3-5 kW/m³
laboratóriumi fermentoroknál 8-10 kW/m³
az egységnyi térfogatba bevitt keverő teljesítmény.

Számításoknál figyelembe veendő
a **levegőztetés okozta**
teljesítmény bevétel csökkenés.
->ELÁRASZTÁS elkerülése

Penicillin-ferm.

2.idem választható P/V mellé





LÉPTÉKNÖVELÉS

BIM2
2002

$K_L a$

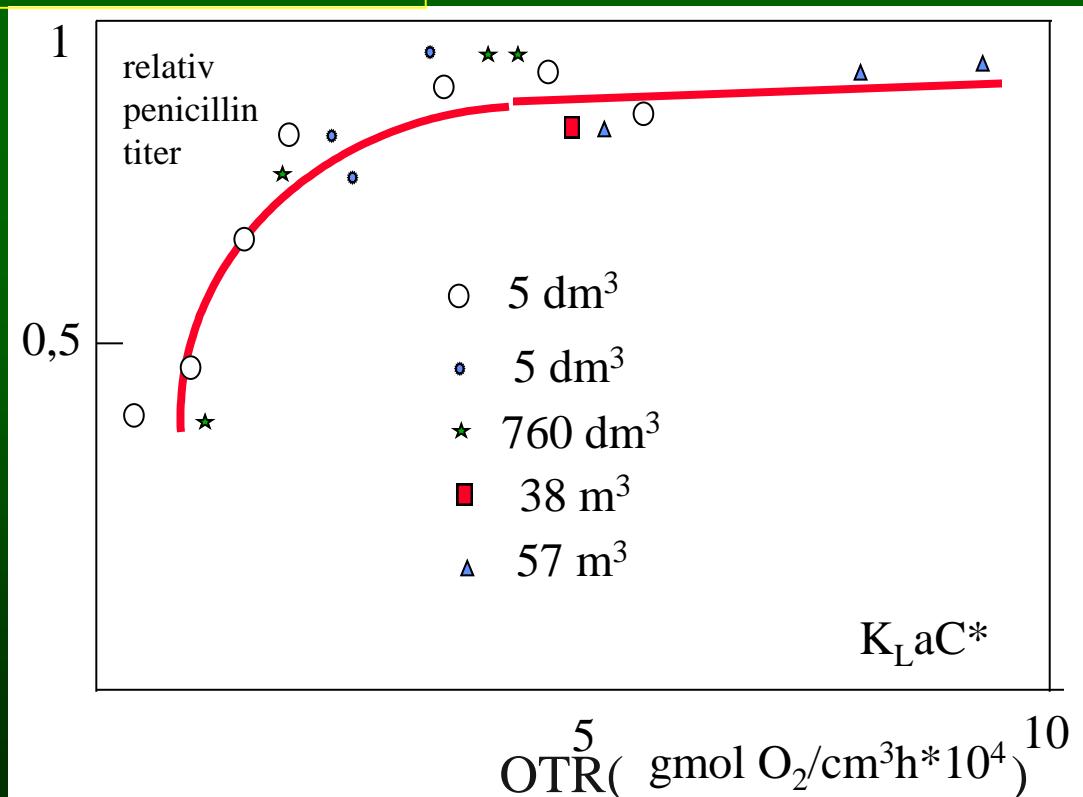
$$K_L a = C \left(\frac{P_g}{V} \right)^\alpha v_s^\beta$$

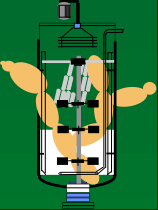
$$K_L a = C' \left(\frac{P_g}{V} \right)^\alpha v_s^\beta \mu_{app}^\gamma$$

	α	β
5 liter	0,95	0,67
500 liter	0,6-0,7	0,67
50 000 liter	0,4-0,5	0,5

Nem Newtoni

2.idem választható, pl:





nyírósebesség

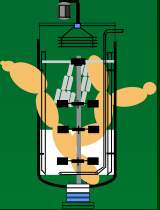
Keverő kerületi sebességét **250-500 cm/s** tartományban szokták megválasztani.

keveredési idők

Fordulatszám min ⁻¹	Keveredési idők (s)	
	3 dm ³	24000 dm ³
30	-	66
60	-	41
120	16	26
300		9
750		5

tipikus N tartomány }
tipikus Tm tartomány 24m3 }

V [m ³]	P [kW]	P/V [kW/m ³]	t _{kev} [s]
14	38	2,7	29
45	120	2,7	67
190	240	1,3	119 (!)



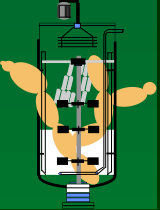
Szokásos geometriai arányok
különböző méretű keverős fermentoroknál

Térfogat (dm ³)	D_T (cm)	D_i (cm)	D_i/D_T	H (cm)	felület/térfogat
3	14,3	5,24	0,37	19,6	0,33
10	21	12,1	0,58	29,2	0,22
30	29,8	12,7	0,43	42,9	0,16
230	59,7	25,4	0,43	72,2	0,08
550	74,9	30,5	0,41	95,1	0,064
3000	152,4	66	0,43	243,8	0,03
51000	333	137	0,41	622,7	0,014

fűtendő

hűtendő

~áll.



Alkalmazott keverő fordulatszámok
különböző méretű fermentorok esetén

Térfogat (dm ³)	N (min ⁻¹)
3	200-2000
10	200-1200
50	100-800
200	50-400
500	50-300
10000	25-200

Gyakran fix