



# Csövek, Tartályok, Szelepek

Készítette: Wieser Melinda, Smudla Katalin

2016. 05. 17

# Tartályok a biotechnológiában

- Gyártás
- Tárolás
- Szállítás



# Tartályok kialakítása

- Hengeres alakú
  - Domború fenekű
  - Kúp fenekű
- Gömbtartály
- Kocka alakú



A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark grey arrow pointing to the right, positioned at the top. Below the arrow, several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep downwards and to the right, creating a dynamic, abstract background element.

# Tartályok készítése

- Szabványnak megfeleléség
- Anyag kiválasztása (rozsdamentes acél)
- Hegesztés
- Felületkezelés
- Tömítések
- Nyomáspróbák



# Szabványok és igények

- Sterilitásra tervezve
  - In situ sterilizálás (130°C ; 2,5 bar)
  - Autokláv sterilizálás – USA (kis méretű tartályok esetén lehetséges)
  - nyomástartó



# Nemzetközi szabványok

- ▶ a szabványok különböző országokra vonatkoznak
- ▶ megszabott adatok: nyomás és ahhoz tartozó átmérő / térfogat
- ▶ **Célja: biztonság és minőségi ellenőrzés (védelem a dolgozók, társadalom és a környezet felé)**

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark blue vertical bar at the top left, from which a black arrow points to the right. Below the arrow, several thin, light blue lines curve downwards and to the left, creating a sense of movement or flow.

# Nemzetközi szabványok

ASME – USA

Pressure Vessel Law – Németország  
(TÜV: minőségbiztosító )



# Biotechnológiai szabványok

- ▶ Termékek típusai
  - ▶ Toxikus
  - ▶ Patogén
  - ▶ Nem toxikus
- ▶ Felhasználás területe
  - ▶ Élelmiszeripar
  - ▶ Gyógyszeripar
- ▶ Feldolgozás folyamata
  - ▶ Természetes
  - ▶ GMO



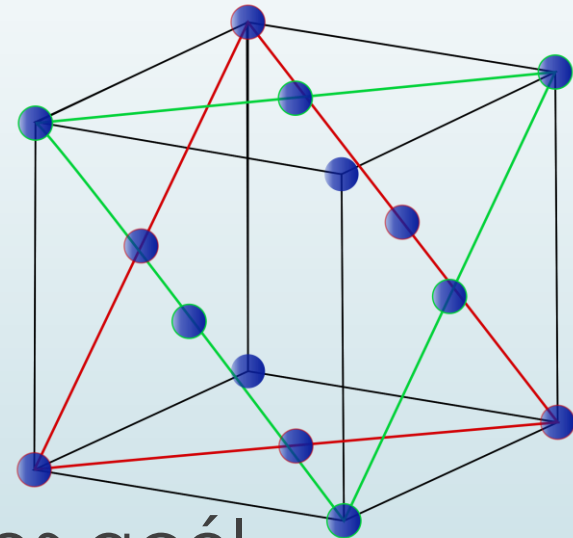


# Edény alapanyaga: **Rozsdamentes acél**

- ▶ Vas: rozsdásodás
- ▶ Rozsdamentes acél: 12,5% króm hozzáadásával megelőzhető a rozsdásodás,
  - ▶ a króm **krómoxid** képez a levegő oxigénjével **passzív réteget** hoz létre.

# Ausztenites acél

- Felületen középpontos köbös rács szerkezet
- Nikkel és króm ötvözővel
- Nem mágnesezhető
- Korrózió és hőálló
- Megmunkálás: hideg-alakítás
- Alacsony széntartalmú rozsdamentes acél használata  
(Króm-karbid nem keletkezik a hegesztés során)





# Hegesztés





# Hegesztés

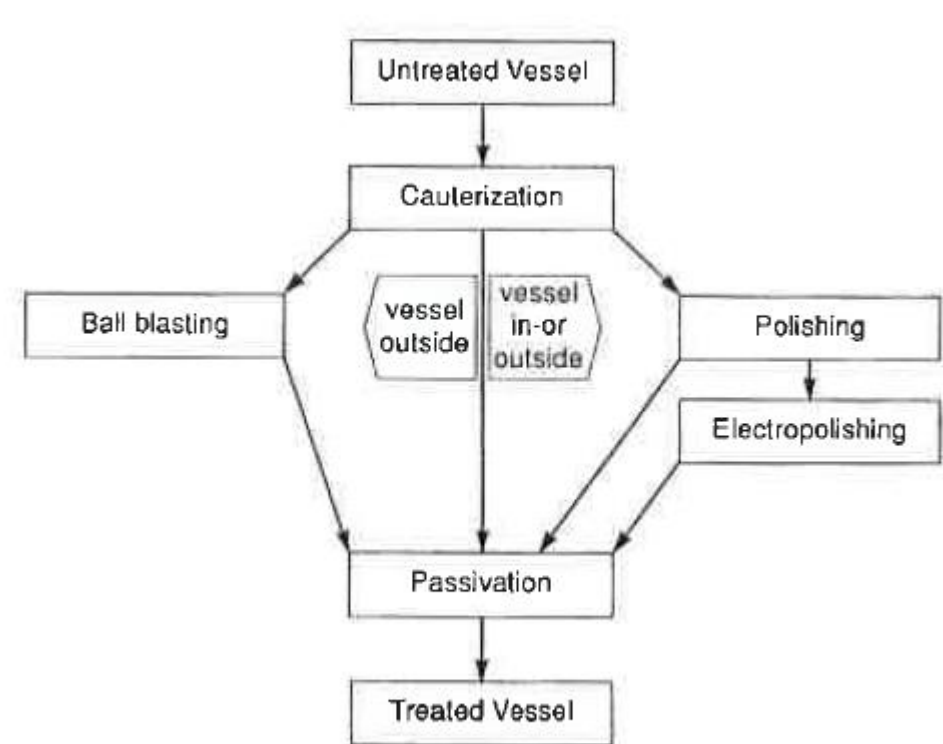
- ▶ Kettő vagy több komponens között **oldhatatlan kötés** létrehozása
- ▶ alapanyagokból és hegesztőanyagokból álló ömledékállapotból megszilárdult folytonos vagy szakaszos kötés
- ▶ **Villamos ívhegesztés**
  - ▶ elektróda között létrehozott hegesztőívvel olvasztjuk meg a munkadarabot
  - ▶ Elektróda: leolvadó/nem leolvadó
  - ▶ Védőgáz: inert/ aktív komponenst tartalmazó

# Villamos ívhegesztés fajtái

- ▶ **Bevont elektródás kézi ívhegesztés (SMAW):**
  - ▶ elektróda: bevonatos fémpálca
  - ▶ Képződő salak: segít eltávolítani a szennyeződésekét  
védi a fémet a lehűlés során
- ▶ **Volfrámelektródás védőgázos ívhegesztés (GTAW)**
  - ▶ elektromos ív hőteljesítménye olvasztja meg az alapanyagokat
  - ▶ varratfémet adó anyagot hegesztőpálca formájában adagoljuk
  - ▶ jól gépesíthető és kiváló varratot hoz létre, de lassú eljárás
- ▶ **Fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés (GMAW)**
  - ▶ Elektróda: hegesztőhuzal
  - ▶ egy vagy többkomponensű gázt (védőgázt) adagolása
- ▶ **Fedett ívű hegesztés (SAW)**
  - ▶ Elektróda: hegesztőhuzal
  - ▶ Fedőporból jön létre a védőgáz
  - ▶ vízszintes: tompa és sarokkötés létrehozására alkalmas

# Felületkezelés

- Hegesztés: krómoxid réteg megsérül → felületkezelés szükséges
- Kauterizáció
- Polírozás
- Elektropolírozás
- (Szemcseszórás)
- Passziválás





# Felületkezelés

- ▶ **Kauterizálás:** szennyezők feloldása:
  - ▶ 15-25 %  $\text{HNO}_3$  + 1-8 v/v% HF
- ▶ **Mechanikai polírozás:**
  - ▶ Si-karbid → karcok
- ▶ **Elektropolírozás**
  - ▶ Munkadarab: anód
  - ▶ Elektrolit:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  elegy
  - ▶ **fém oxidálódik az anód felületén**

**Biotechnológiában elfogadott felületi érdesség: 0,6  $\mu\text{m}$**



- ▶ **Szemcseszórás:**
  - ▶ Felület külsején: csökkenti a feszültség okozta repedések kockázatát
- ▶ **Passziválás:**
  - ▶ Híg  $\text{HNO}_3$
  - ▶ Citromsav



# Tárolás

- ▶ Vasportól és szennyezőktől távol
  - ▶ Ne legyen vasút, vagy villamos a közelben
- ▶ Felület beborítása polietilén fóliával





# Kialakítás

## **Sterilitás:**

- ▶ nem lehetnek holt terek és hézagok
  - ▶ hőmérők telepítése: sterilizálási hőmérsékletet monitorozása
- ▶ bioreaktor nem hermetikusan zárt
  - ▶ beömlőnyílás
  - ▶ kiömlőnyílás
  - ▶ fedél
  - ▶ szonda
  - ▶ kémlelőnyílás

# Szivárgási fok

$$Q = \frac{V \cdot \Delta p}{\Delta t}$$

- ▶ Q: **szivárgási fok** [m<sup>3</sup>bar/s]
- ▶  $\Delta p$ : nyomásveszteség [bar]
- ▶ V: tartály térfogata [m<sup>3</sup>]
- ▶  $\Delta t$ : eltelt idő [s]
  
- ▶ A szivárgási fok függ a geometriától



# Tömítések vizsgálata biotechnológiában

- ▶ Nyomás teszt:
  - ▶ edényt 2/3-ig töltik vízzel
  - ▶ 1,5 bar túlnyomás generálása levegővel, vagy nitrogénnel
  - ▶ Szivárgás monitorozása
- ▶ Tömítési teszt
  - ▶ Edény feltöltése vízzel
  - ▶ 1,5 bár túlnyomás generálása
  - ▶ Kezdeti nyomás feljegyzése
  - ▶ 15 óra múlva nyomás feljegyzése
  - ▶ **Relatív szivárgási fok** számítható

# Tömítések fajtái

## ► Forgó részek tömítése:

### ► Mechanikai:

► Radiális tengelytömítő-gyűrűk (rugós tömítőgyűrűk)

### ► Tömszelence

► Nagy súrlódás

► Könnyen kopik

## ► Álló

### ► O-gyűrű:

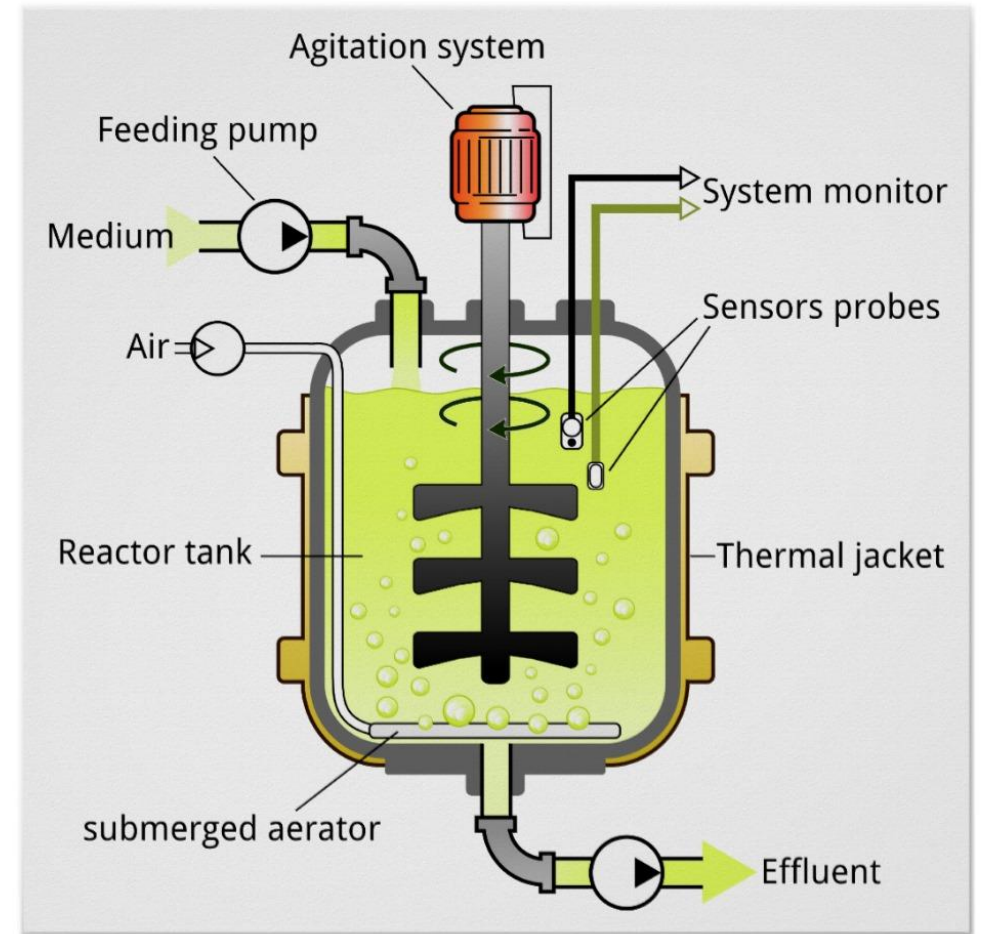
► szilikon, EP (etilénpropilén) gumi



**Ha fontos a sterilitás: Mágneses kuplungot használnak**

# Reaktorok részei

- ▶ Csonkok
  - ▶ Beömlő, kiömlő, mintavevő, oltó
- ▶ Kémlelő nyílás
  - ▶ Tömítés vagy beágyazott üveg
- ▶ Búvónyílás
  - ▶ O-gyűrű
- ▶ Terelőlemezek
  - ▶ Hegesztett vagy kivehető
- ▶ Fűtőköpeny
  - ▶ Fűtésre és hűtésre is, ill. sterilizálás



Schematic Structure of a Ba... by chartsanddiagrams



# Csővezetékek tervezése a biotechnológiában

- ▶ fontos szempont a **tisztántarthatóság, sterilitás**
- ▶ ehhez kell:
  - megfelelő szerkezeti anyag
  - megfelelő csőszerelvények, elemek (holtterek, üregek)

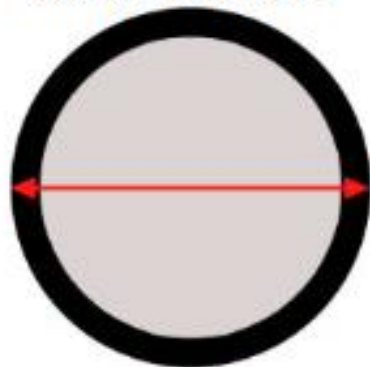
TÚLBIZTOSÍTÁS ↔ ÁR

# Nyelvi intermezzo

ANGOL	MAGYAR
TUBE	CSŐ
PIPE	CSŐ

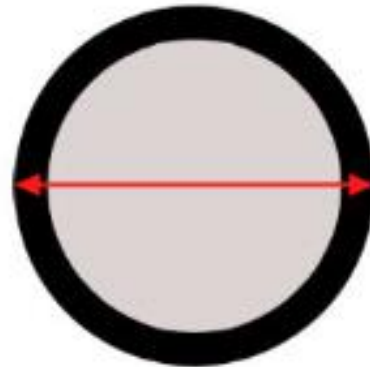
## Tube

- ✓ szerkezeti
- ✓ pontos külső átmérő



## Pipe

- ✓ szállítás
- ✓ névleges átmérő



**Névleges átmérő =**  
DN/NÁ  
≈ belső átmérő

Megadhatják:

-mm-ben

-collban (hüvelyk, inch)

-1"=0,025m

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark grey arrow pointing to the right, positioned at the top. Below the arrow, several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep downwards and to the right, creating a sense of movement and design.

# Tervezés menete

1. Üzem elrendezési vázlata
2. Csőkapcsolási terv
3. Izometrikus csőterv



## Elrendezési vázlat

- legyen elég hely a kezelők számára is
- karbantartás lehetősége - hozzáférhetőség
- csövek hossza legyen minimális
- a rendszer legyen öblíthető, leereszthető
- holtterek ne legyenek
- hőmérsékletingadozásra gondolni kell -  
flexibilitás



# Csövek elrejtése

- kisebb helyet foglalnak el a csövek a munkatérben ↔ épület mérete nő
- biztonságosabb
- könnyebben tisztítható
  - fontos steril szoba esetén (>Class 10,000, >ISO 7)

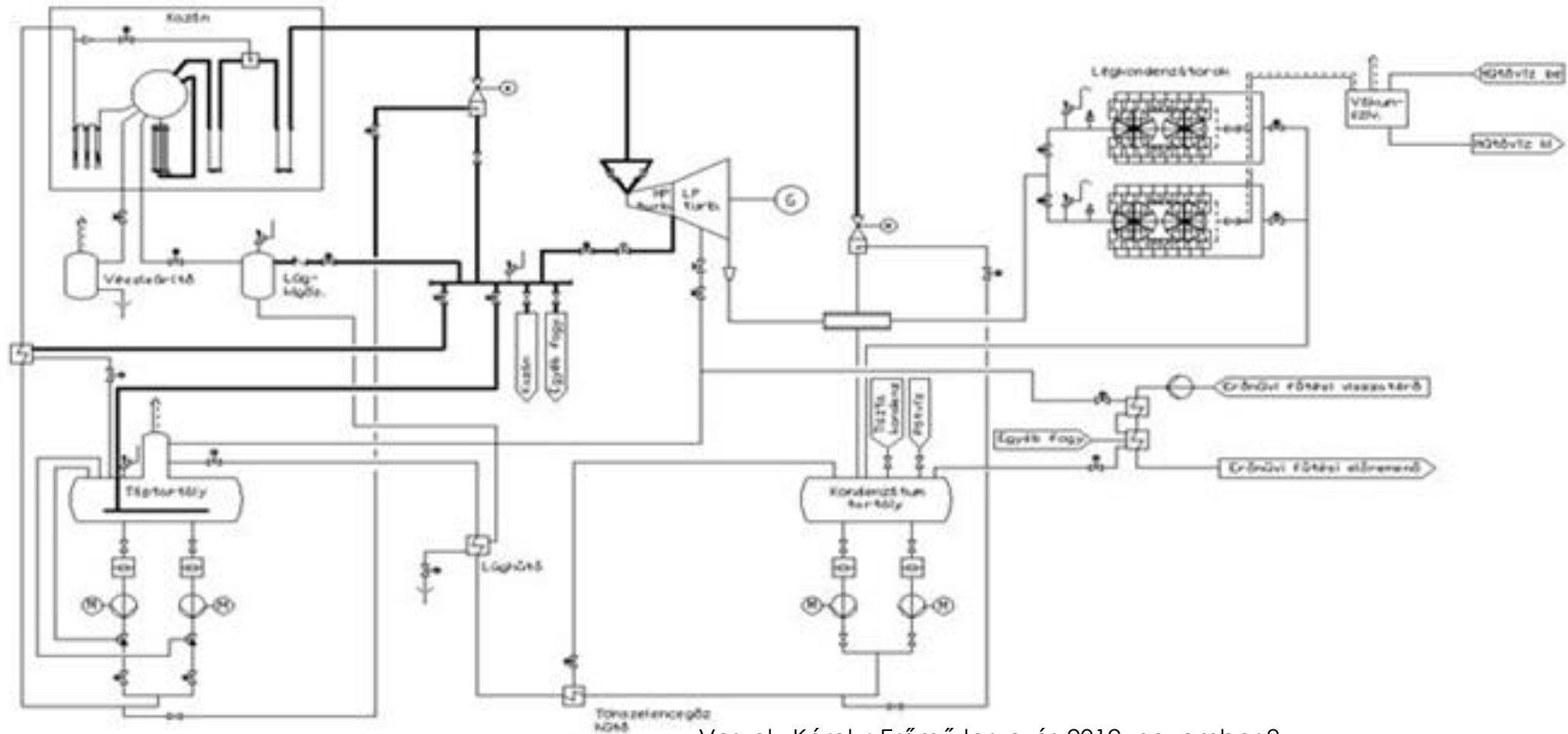
**TÚLBIZTOSÍTÁS ↔ ÁR**

(felesleges pl. a fermentációs térben)

Megvalósítás

- üreges fal
- álmennyezet
- külön helyiség

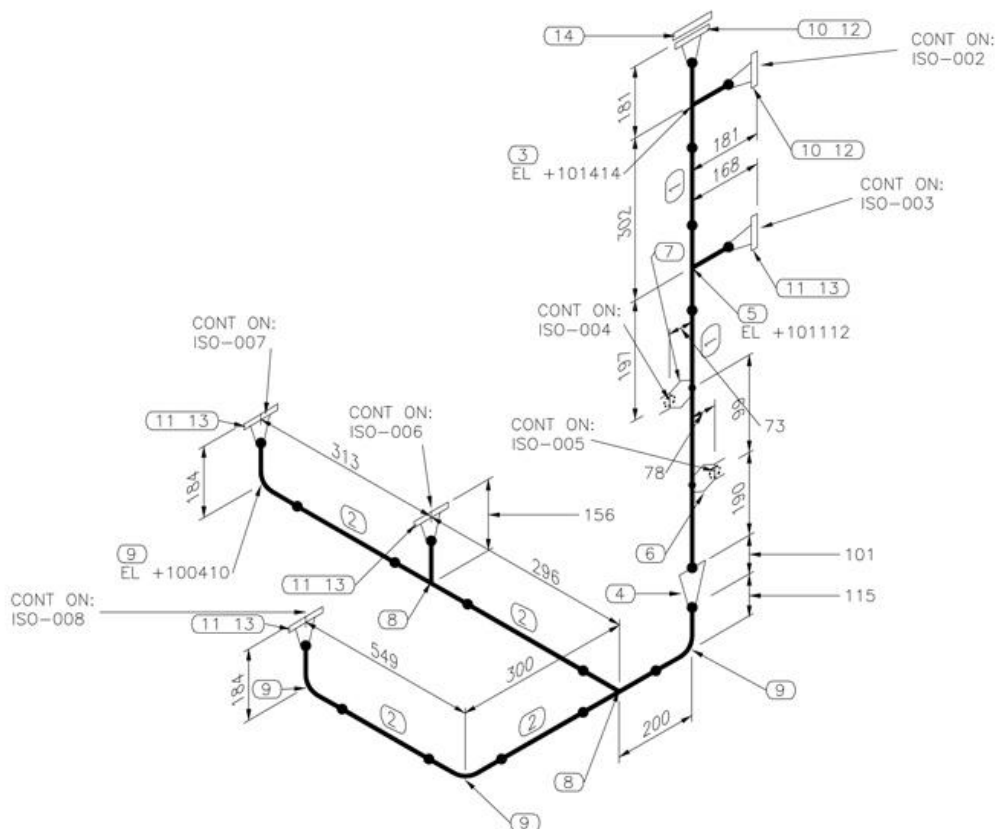
# Csőkapcsolási terv



Veszely Károly: Erőmű tervezés 2012. november 9.

**LEGYEN FLEXIBILIS** (a kivitelezés, pl. beton alap, már ebben a szakaszban megkezdődhet)

# Izometrikus csőterv



MARK	SIZE	DESCRIPTION	QTY
1	4	PIPE,SMLS,ASTM A106-B,SCH 40	475 MM
2	3	PIPE,SMLS,ASTM A106-B,SCH 40	658 MM
3	4X4	STRAIGHT TEE,S/STD,BW,ASTM A234-WPB,(TO MATCH PIPE WALL THICKNESS)	1
4	4X3	CONCENTRIC REDUCER,S/STD,BW,ASTM A234-WPB,(TO MATCH PIPE WALL THICKNESS)	1
5	4X3	REDUCING TEE,S/STD,BW,ASTM A234-WPB,(TO MATCH PIPE WALL THICKNESS)	1
6	4X1	SOCKET,3000#,ASTM A105	1
7	4X1/2	SOCKET,3000#,ASTM A105	1
8	3X3	STRAIGHT TEE,S/STD,BW,ASTM A234-WPB,(TO MATCH PIPE WALL THICKNESS)	2
9	3	ELL,90DEG LR S/STD,BW,ASTM A234-WPB,(TO MATCH PIPE WALL THICKNESS)	4
10	4	FLANGE,ANSI CLASS 150,RFWN,ASTM A105,(BORE TO MATCH PIPE)	2
11	3	FLANGE,ANSI CLASS 150,RFWN,ASTM A105,(BORE TO MATCH PIPE)	4
12	4	SPIRAL WOUND,NON-ASBESTOS FILLED,304 SS METAL WINDING STRIPS WITH 3.2MM THICK CARBON STEEL CENTERING RING,FLEXITALLIC STYLE CG (TO API-601),FOR ANSI CLASS 150,RF	2
13	3	SPIRAL WOUND,NON-ASBESTOS FILLED,304 SS METAL WINDING STRIPS WITH 3.2MM THICK CARBON STEEL CENTERING RING,FLEXITALLIC STYLE CG (TO API-601),FOR ANSI CLASS 150,RF	4
14	4	BLIND FLANGE,ANSI CLASS 150,RFWN,ASTM A105,(BORE TO MATCH PIPE)	1

**NOTES:**

1.

DRN BY	TST	DATE	2013/09/01
CHKD BY		DATE	
DSGN BY		DATE	
APVD BY		DATE	

CLIENT			
DEMO PROJECT			
AS-BUILT SPOOL			
4"-150#			
PIPING ISOMETRIC			
SCALE	PROJECT No	DRAWING No	REV
NONE	001	ISO-001	0

0	ISSUED FOR PRESENTATION	2013/09/01	TST				
REV	DESCRIPTION	DATE	DRN	CHK	DSGN	APVD	



CAD FILE: TB

PLOT-DATE

# Csövek szerkezeti anyaga

## ► Szabványok

- **cGMP** (Current Good Manufacturing Practices)
  - Jó Gyártási gyakorlat
- **WFI** (Water For Injection)
- **FDA** (Food and Drug Administration)

## ► Kérdés

- Mire használjuk? (közművek, korrozív anyagok)
- Hogyan tisztítjuk? (hőmérséklet, nyomás)

# Korrozív anyagok - folyamatok

- ▶ savak, lúgok

- ▶ vízgőz

- ▶ kavitáció

nyomáscsökkenés → buborékképződés →  
nyomás nő → buborék szétesik

# Csövek szerkezeti anyaga

## ► Öntöttvas

► OLCSÓ

► rideg, nagy súly → földre fektetve

► kis nyomás, alacsony hőmérséklet ( $<100^{\circ}\text{C}$ )

► veszélytelen üzemi körülmények között használják csak → vízvezeték

## ► Réz

► jól alakítható

► víz- és gázvezeték:  $\text{O}_2$ ,  
levegő, He, Ar





# Csövek szerkezeti anyaga

## ► Szénacél

- OLCSÓ

- nem rozsdamentes (magasabb C-tartalom, kevesebb ötvözőanyag pl. Cr, Ni)

- ridegebb, rosszabb hegeszthetőség

- kevésbé korrózióálló → közművek

## ► Rozsdamentes acél

- jól alakítható

- korrózióálló, hegeszthető, polírozható → **steril rendszerek**

- **316L**: molibdén hozzáadása (jobb korrózióállóság), alacsony C-tartalom



# A rozsdamentes acél bizonyított

Delhi vasoszlop, Kr.e.  
5.sz., Gupta Birodalom  
(magas P-tartalom)



10 Gupta uralkodóból  
9 ezt ajánlaná

# Csövek szerkezeti anyaga

## ➤ Műanyag

- közepes hőmérséklet- és nyomásállóság
  - DE: hidegben törnek
- jól alakítható, kis súly
- korrózióálló (PP a legellenállóbb a legtöbb anyaggal szemben)
- NEM oldódhat ki belőle semmi steril rendszerekben

Műanyag	Max. T [°C]
PE	40-80
PP	80
PVC	65
CPVC	100
PVDF	140

# Csövek szerkezeti anyaga

## ➤ Üveg

- korrózióálló
- DE a beszerelés körülményes
- csak kis méretekben

## ➤ Kétrétegű csövek

- pl. üveg vagy műanyag bélés acélkabátban
- korrózióálló + szilárdság



A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark blue vertical bar on the far left. A black arrow points to the right from the top of this bar. Several thin, light blue lines curve upwards and to the right from the bottom of the bar, overlapping the main content area.

# Csövek szerkezeti anyaga

- ▶ anyagár
- ▶ beszerelési költségek
- ▶ meghibásodás lehetősége

# Szerkezeti anyag – polírozás

- ▶ Kérdés: Milyen mértékben van erre szükség?
  - ▶ **belül** mindenképp:  $0,51-0,62\mu\text{m Ra}$
  - ▶ kívül szükséges, ha nem szigetelt a cső és steril helyen
  - ▶ ehhez szükséges: mechanikai + elektropolírozás
- ▶ passziválás

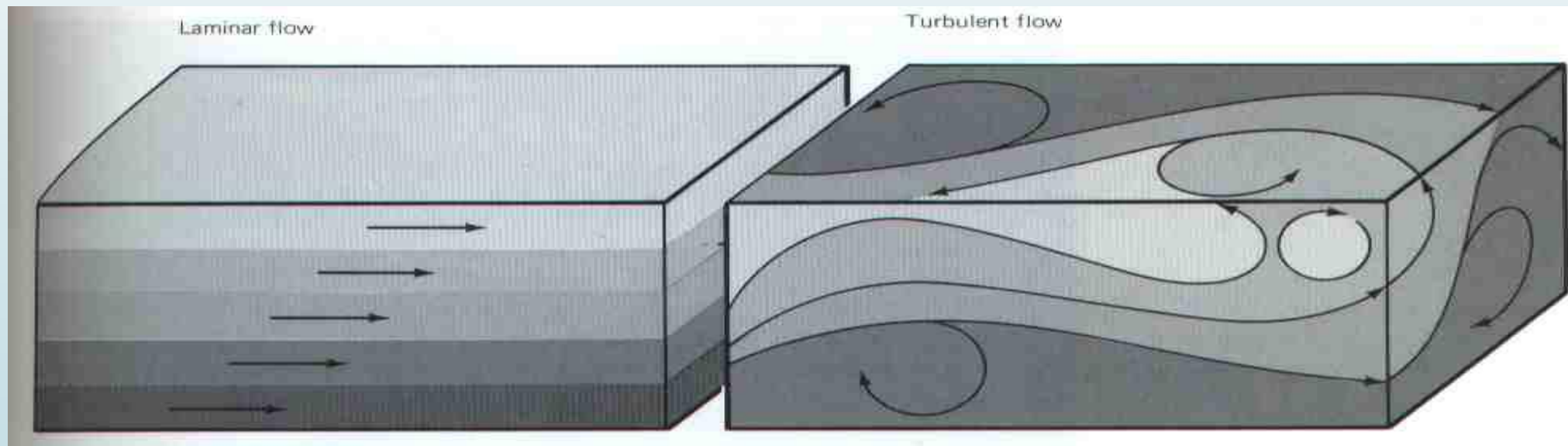
## Méretezés

- ▶ **FONTOS:** Ha az **áramlási sebesség**
  - ▶ túl nagy: a csövek élettartama csökken + fémszennyezés veszélye
  - ▶ túl kicsi: mikrobák megtelepedhetnek
- **1,5 - 3 m/s**
- ▶ túlméretezés: drága
- ▶ alulméretezés: nyomáscsökkenés nő → nagyobb szivattyú-teljesítmény kell



# Méretezés

- ▶ TURBULENS áramlás kell ( $Re > 4000$ )
  - ▶ mikrobák megtelepedését megakadályozza
  - ▶ jobb hőtranszport
  - ▶ megfelelő keveredést biztosít a különböző (pl. szilárd-folyékony) fázisok között



# Számítások

Ismert paraméterek → **csőátmérő, Reynolds-szám, csősúrlódási tényező, nyomásesés**

Megj.

$$1 \text{ inch (1"')} = 0,025\text{m}$$

$$1 \text{ psi} = 6895 \text{ Pa}$$

**Csőúrlódási tényező: f**

-Fanning-féle

-Darcy/Darcy-Weisbach/Moody-féle: a Fanning 4x-ese



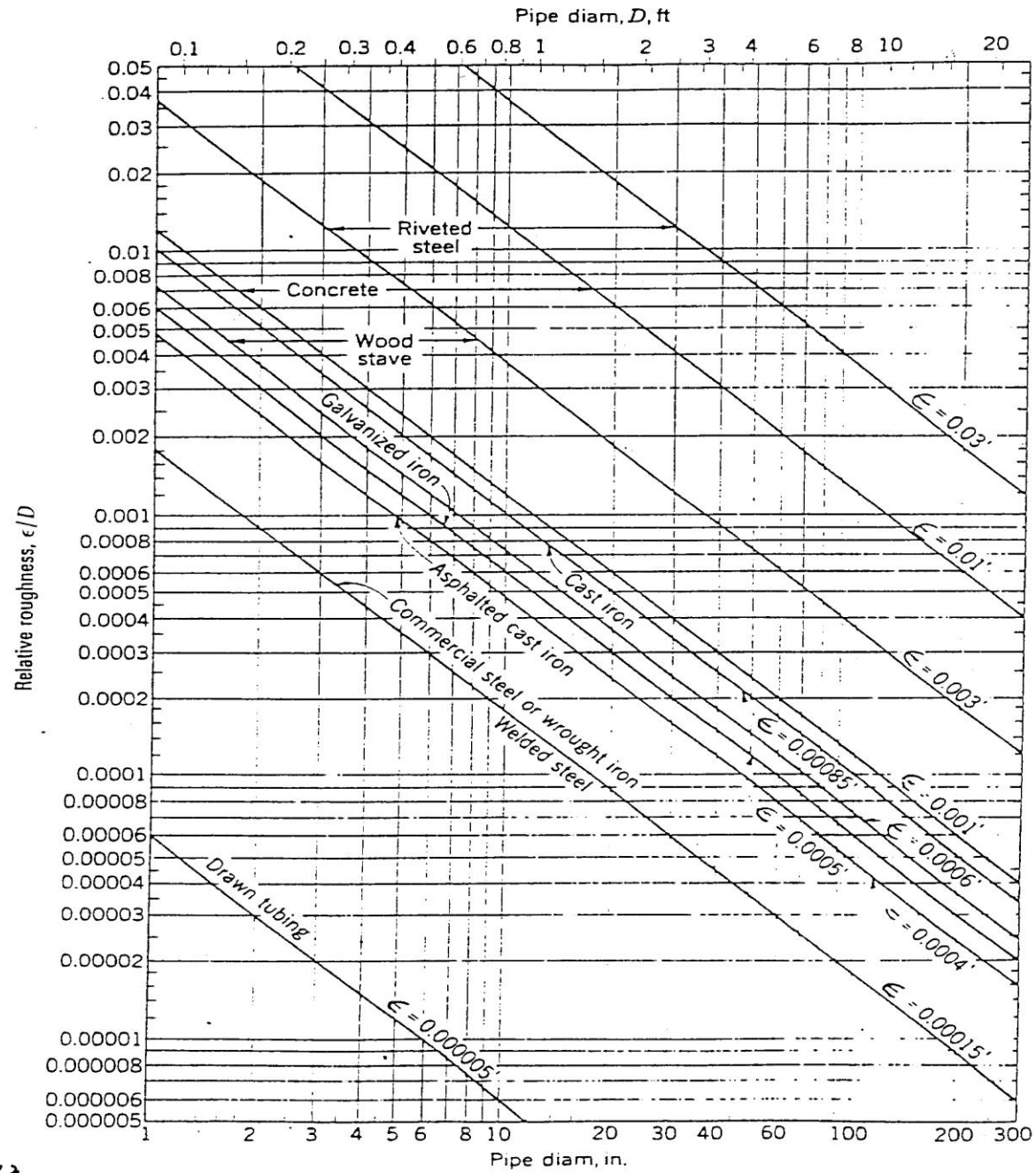
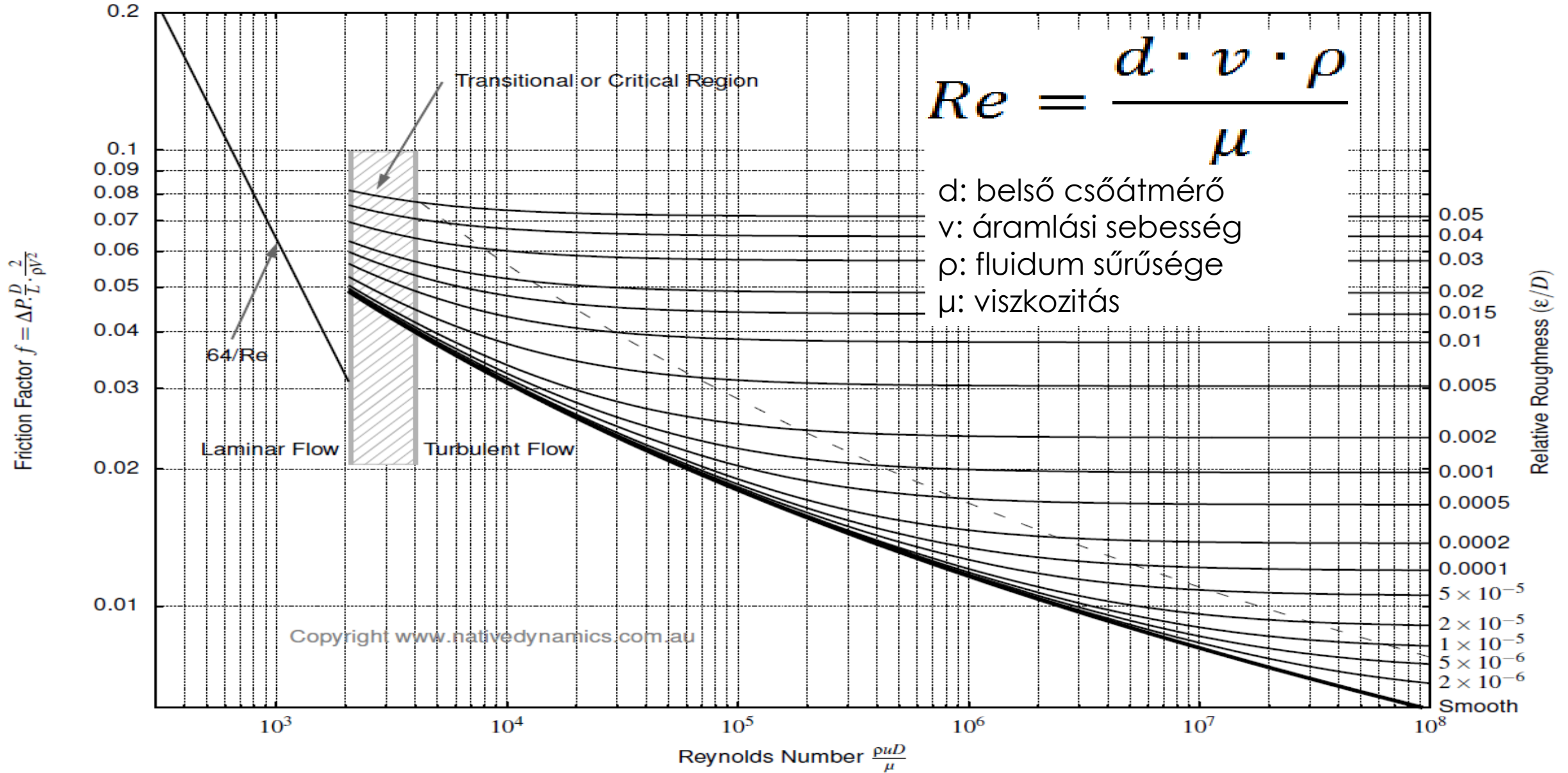


Fig 4-13  
 Roughness factors ( $\epsilon$  expressed in feet) for commercial pipes.

Fig. A-4

# Moody Diagram



$$Re = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

d: belső csőátmérő  
 v: áramlási sebesség  
 ρ: fluidum sűrűsége  
 μ: viszkozitás

0.05  
 0.04  
 0.03  
 0.02  
 0.015  
 0.01  
 0.005  
 0.001  
 0.0005  
 0.0002  
 0.0001  
 $5 \times 10^{-5}$   
 $2 \times 10^{-5}$   
 $1 \times 10^{-5}$   
 $5 \times 10^{-6}$   
 $2 \times 10^{-6}$   
 Smooth

# Számítások

Nyomáskereső

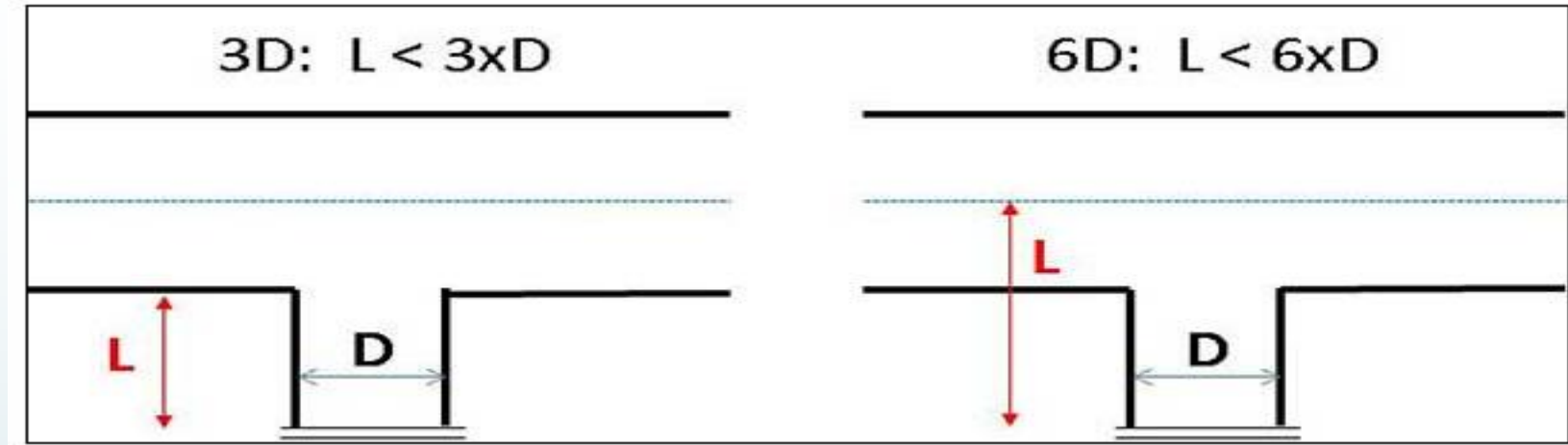
$$\Delta p \sim \frac{fLv^2}{\rho d^5}$$

Fanning-egyenlet: 
$$\Delta p = \frac{fL\rho v^2}{2d}$$

- $f$ : súrlódási tényező [-]
- $L$ : egyenértékű csőhossz [m]
- $v$ : áramlási sebesség [m/s]
- $\rho$ : az áramló fluidum sűrűsége [kg/m<sup>3</sup>]
- $d$ : belső csőátmérő [m]

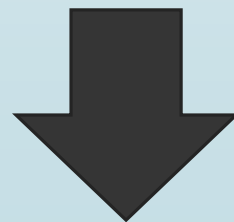
Adott csőátmérőhöz mekkora Re-szám, áramlási sebesség és nyomáskereső tartozik?

# Leágazások – 6d szabály

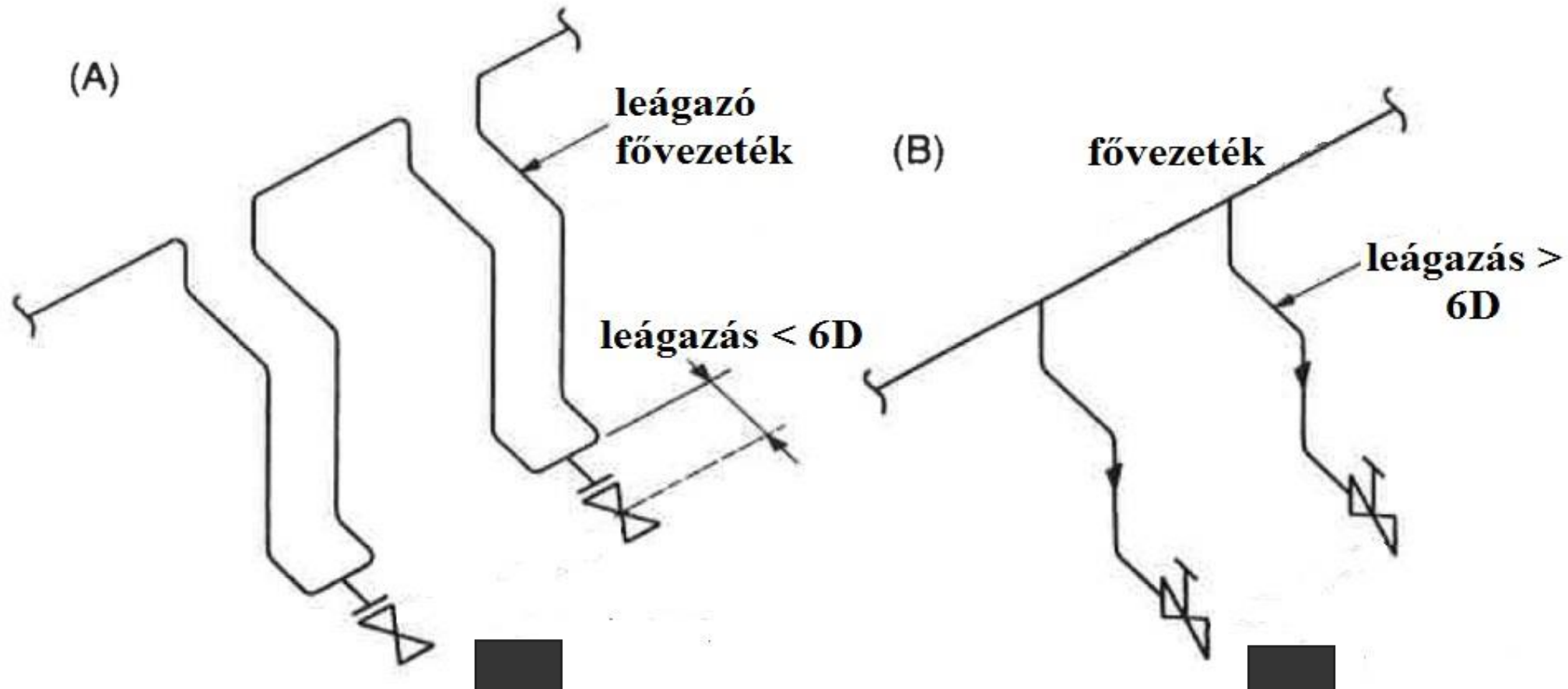


Közműveknél lehet akár  $L > 100xD$ , mivel klórozott a víz.  
[http://www.gmp-compliance.org/enews\\_04754\\_The-Truth-about-the-3D-6D-Rule.html](http://www.gmp-compliance.org/enews_04754_The-Truth-about-the-3D-6D-Rule.html)

( $D = 10\text{cm} \rightarrow 55\text{cm}$ -re lehet csak elvezetni a fluidumot!)



# Fővezeték meghosszabbítása

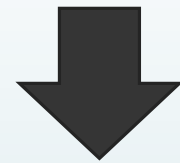


nagyobb költség

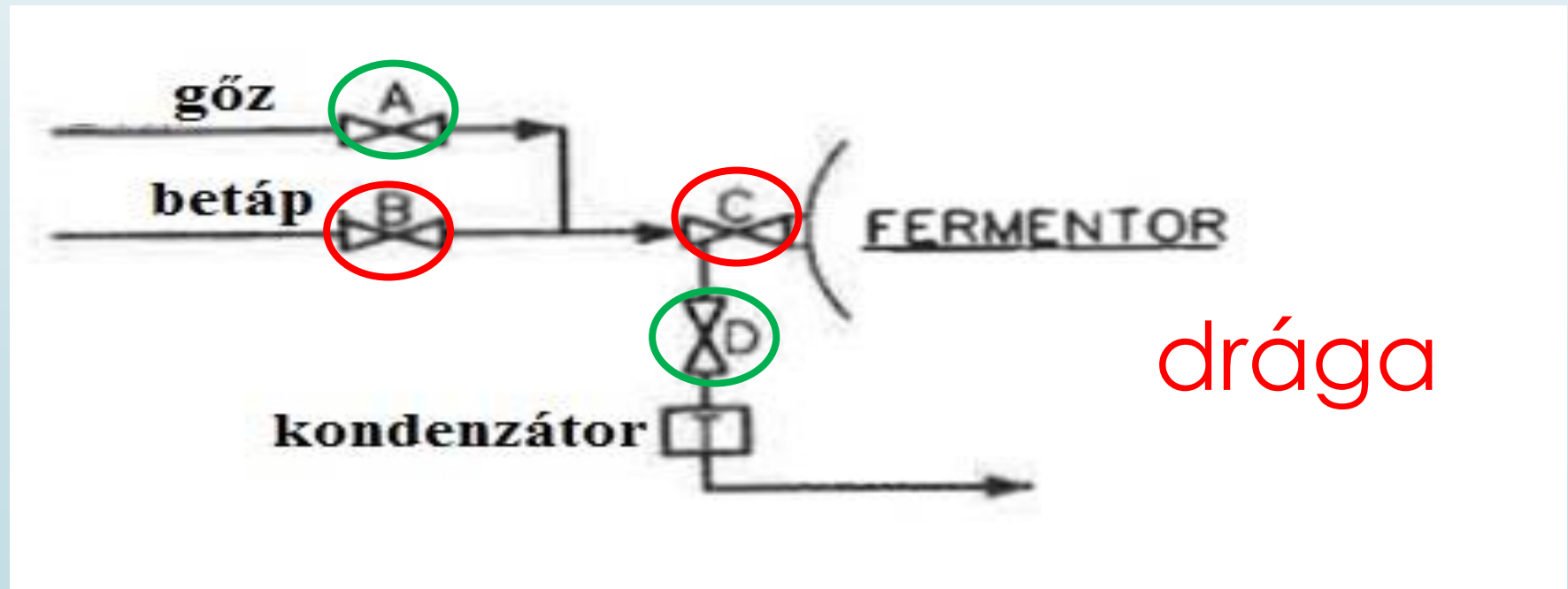
stagnáló folyadék

# Steril gátak

- mikrobák telepedhetnek meg a lezárt szelepeknél → steril gáttal izolálják



- gőzt táplálnak két szelep közé (kb. 1,7 bar)





# Vezetékek lejtése

- ▶ 0,3-0,5% lejtés elegendő szokott lenni kis viszkozitású folyadékoknál

## Cső a csőben: védőcső

- belső cső: anyagáram
- külső cső: védőcső
- veszélyes anyagok szállítása
  - ha szivárog a belső cső, a külső cső összegyűjti
- nitrogén áram kapcsolható a külső csőbe



# Csőkötések

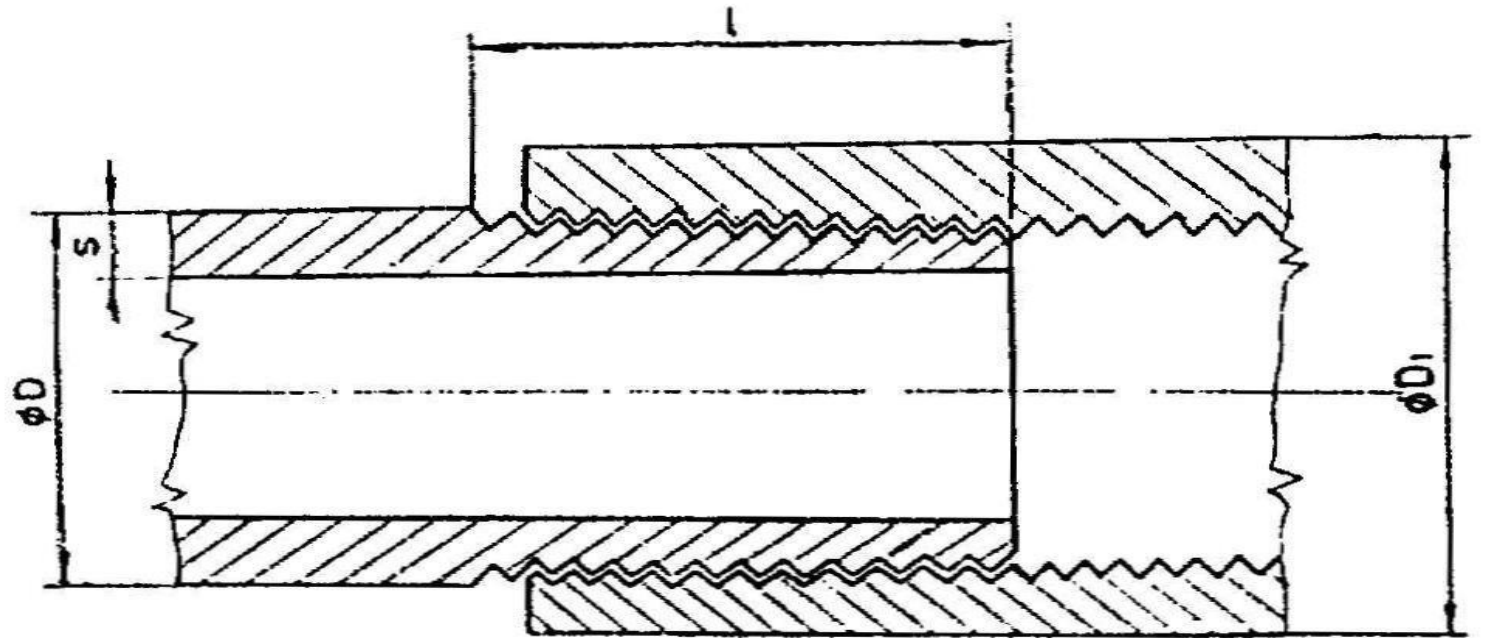
- ▶ menetes (karmantyú)
- ▶ karimás
- ▶ hegesztés steril



# Menetes (karmantyú)



**NEM STERIL!!!**



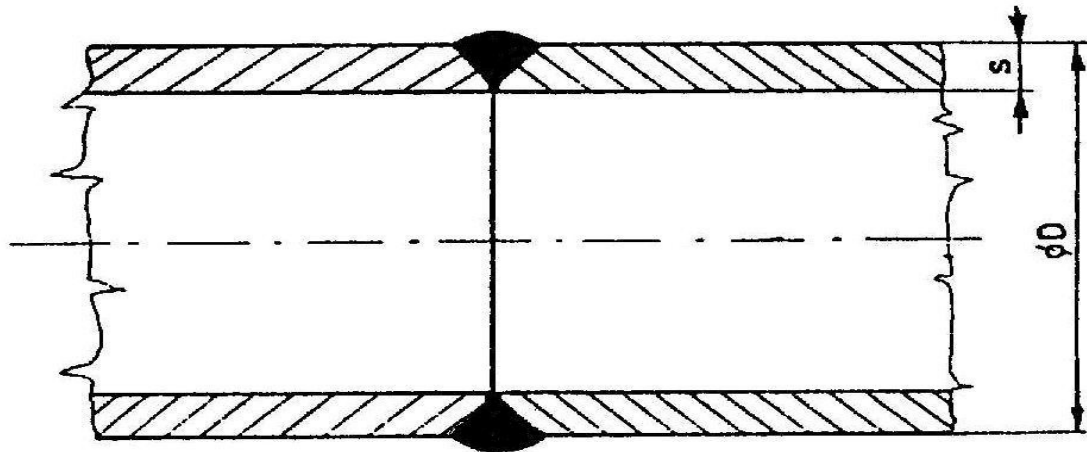
# Csőkarimás csőkötés

minimalizálni kell a számát  
(ahol időközönként meg kell bontani a  
rendszert, ezt kell alkalmazni)



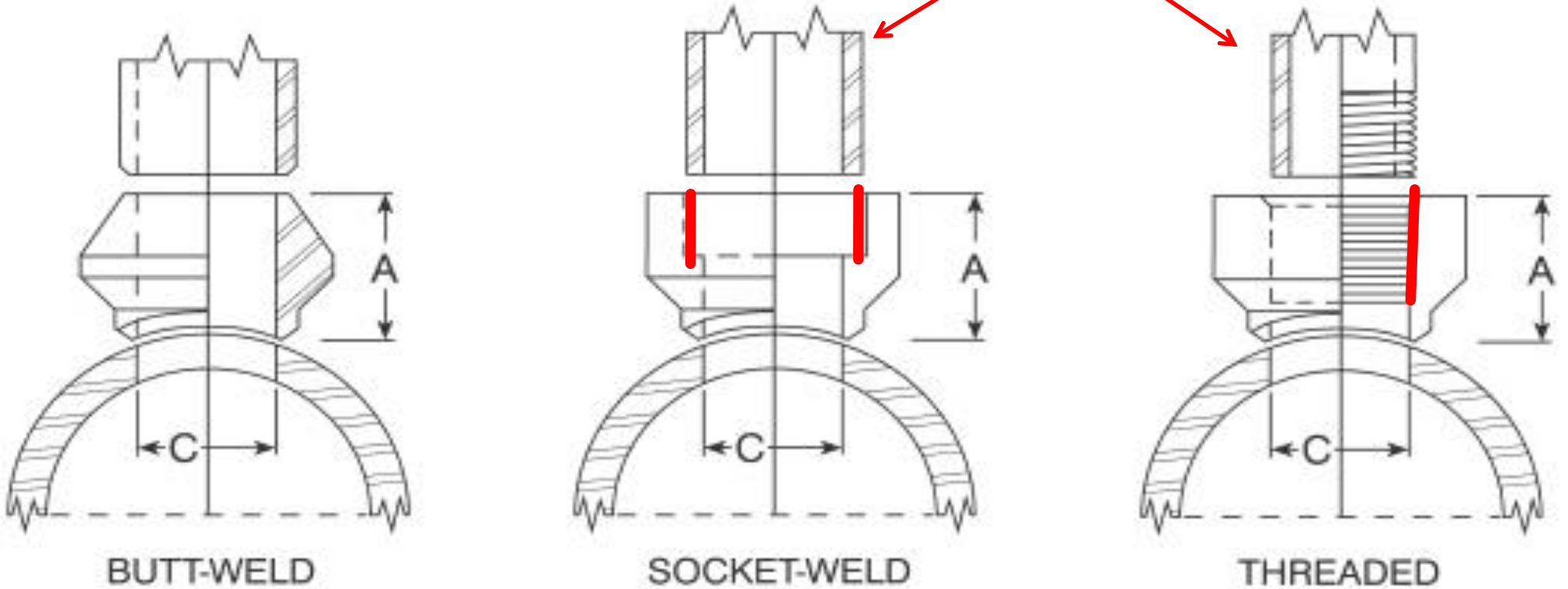
# Hegesztett csőkötés

**STERIL**





# NEM STERIL



# Tömítések

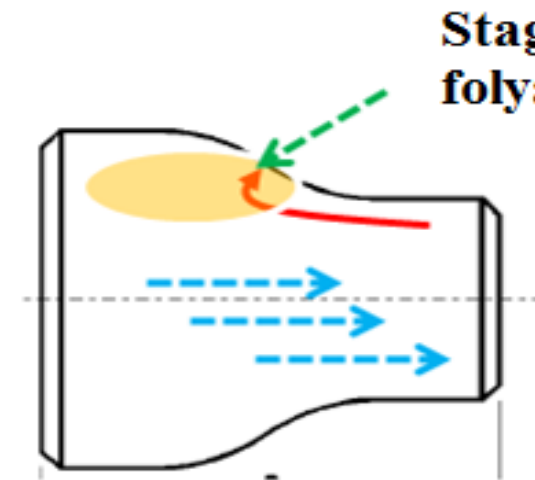
- ▶ ha lehet, kerülendők:
  - ▶ vízgőzzel szemben csak rövid ideig bírják

- ▶ gumi: Viton®

- ▶ szilárd Teflon®

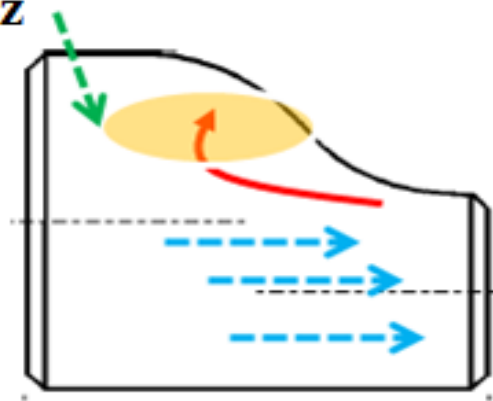


# Szűkítők



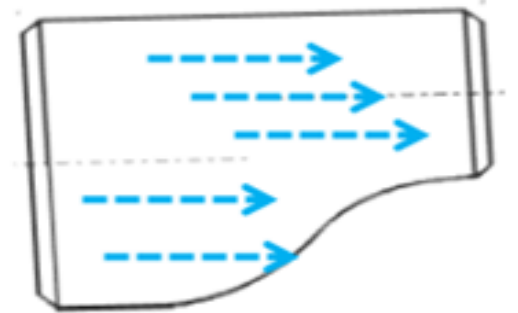
**koncentrikus szűkítő**

**Stagnáló  
folyadékrész**



**excentrikus szűkítő**

**Megfelelő elrendezés**



# Alátámasztás

- rozsdamentes acél
  - korrózió ellen
  - az alátámasztás és a vezeték ugyanabból a fémből legyen (galvanikus korrózió elkerülése)
- szelepek mindkét oldalán legyen alátámasztás
- minden irányváltóztatásnál legyen alátámasztás
- az illesztés lehet
  - rögzített: állandó hőmérséklet esetén
  - nem rögzített: ingadozó hőmérséklet esetén + vibráció csökkentésére



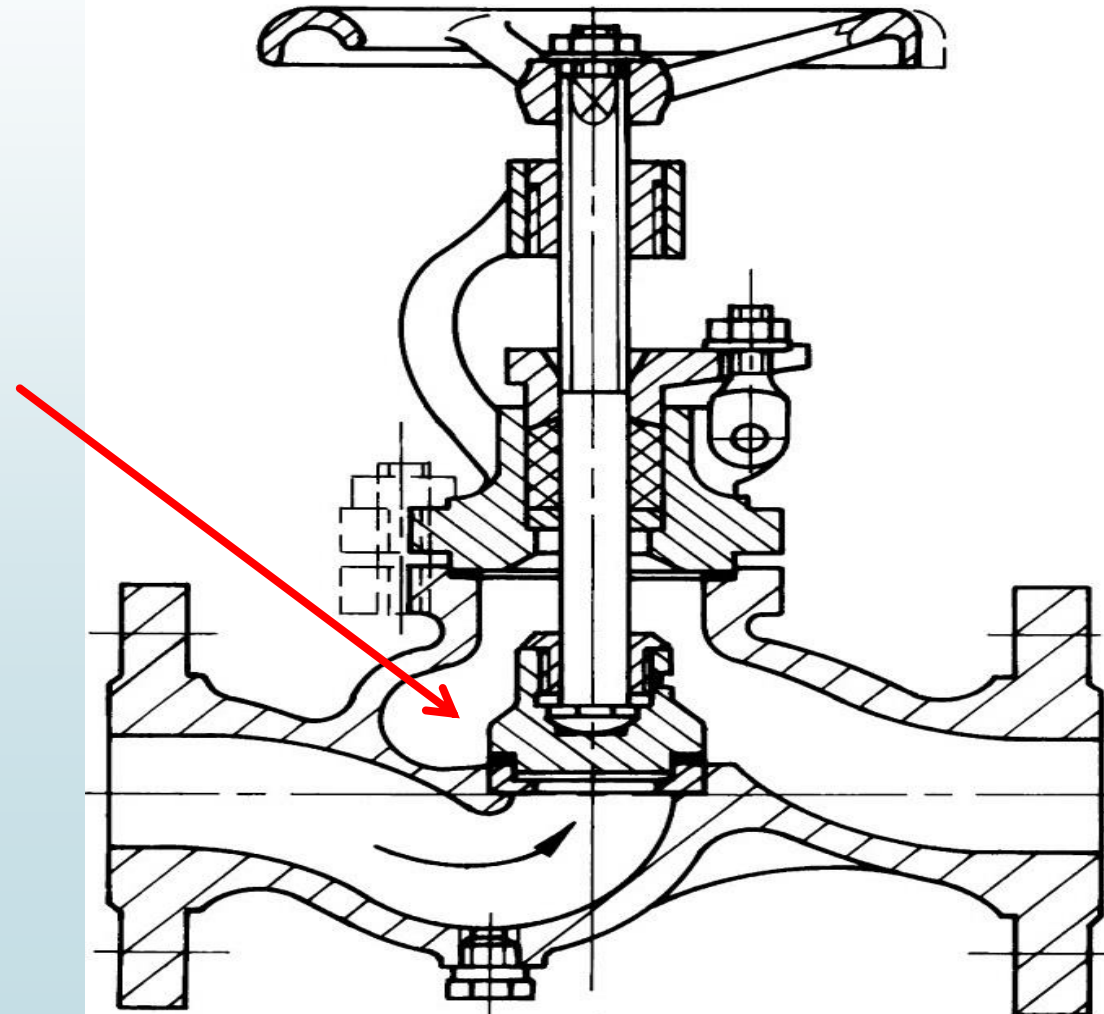
# Mérőműszerek

- ▶ anyagárammal közvetlen érintkezés → rozsdamentes acél (316L)
- ▶ könnyen tisztítható
- ▶ a csatlakoztatásnál ne alakuljon ki holttér
  - ▶ csőkönyökbe ne helyezzünk mérőműszert



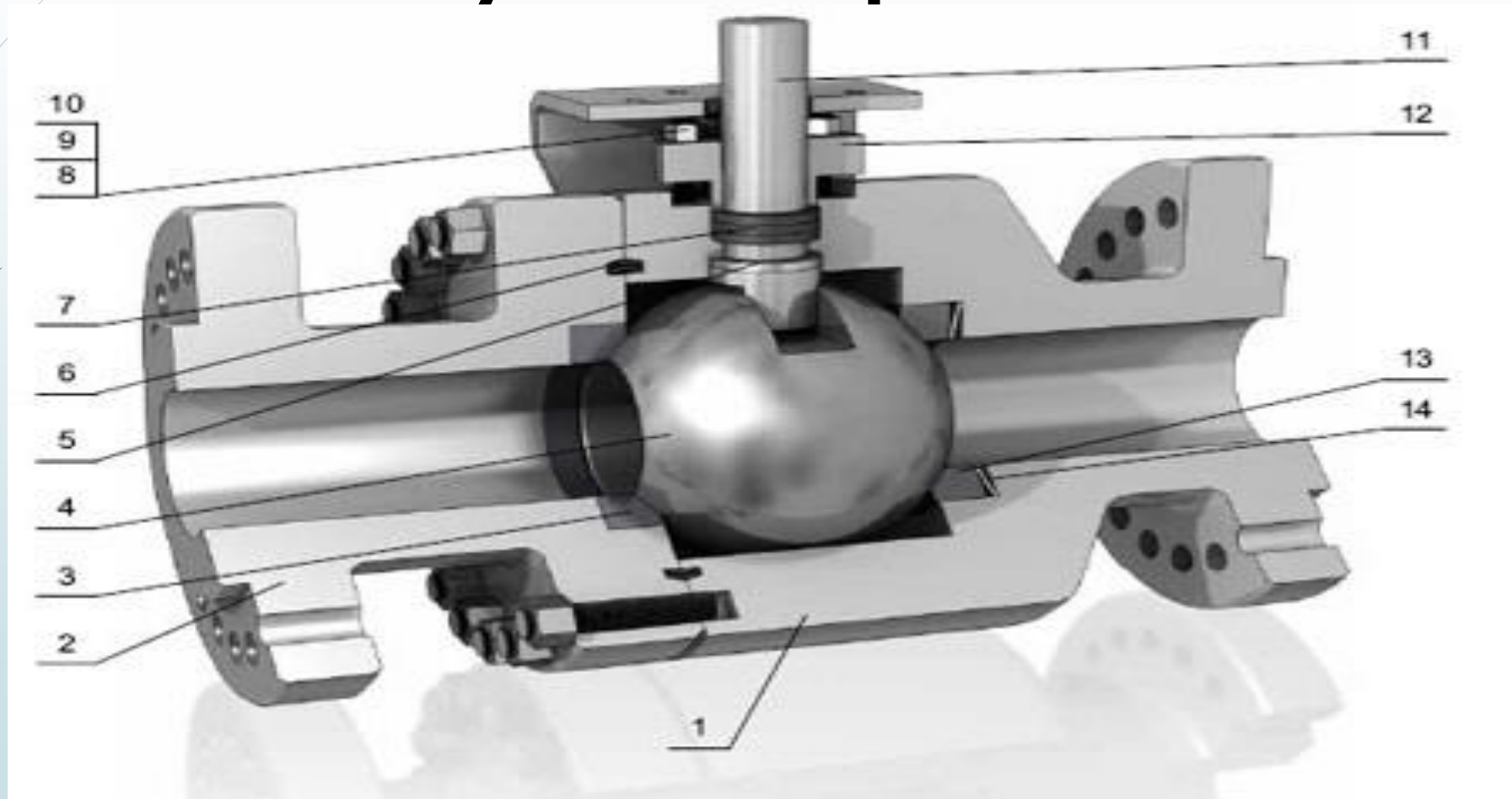
# Szelepek

- ▶ fluidumok áramának szabályozására
- ▶ záró – szabályozó
- ▶ steril rendszerekben cél:  
ne legyenek üregek,  
ahol a folyadék megül



# Steril rendszerben alkalmazható:

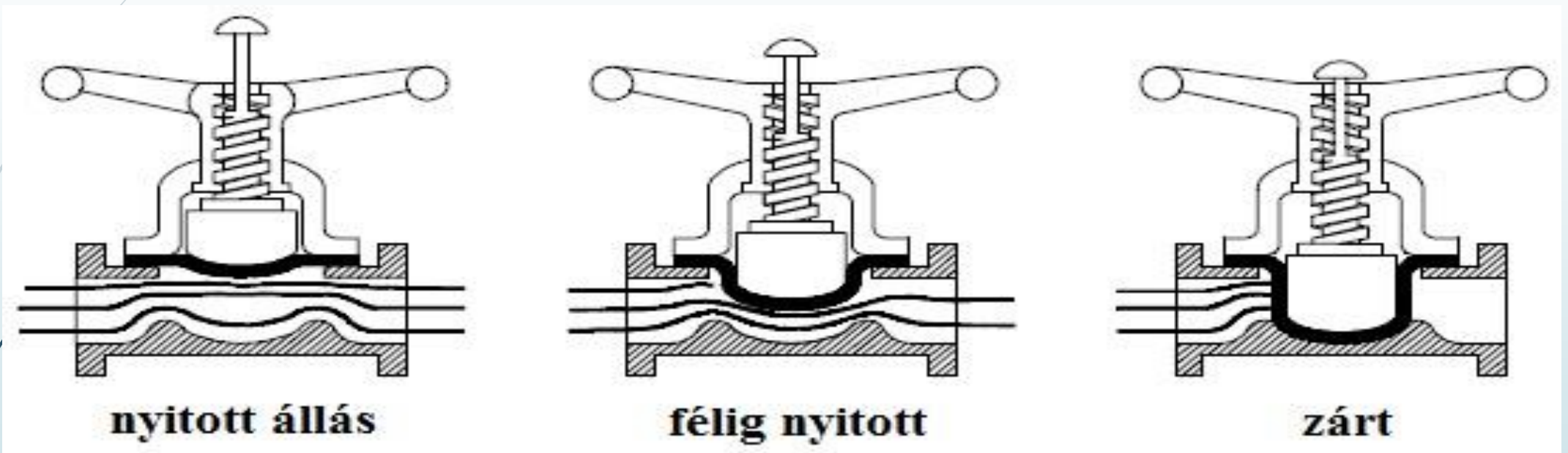
## Golyós szelep



<http://www.volkvalves.com/bv2.html>

# Steril rendszerben alkalmazható:

## Diafragma szelep



-diafragma lehet: gumi, szilikon, hőálló műanyag  
-hátrány: a magas hőmérsékletet és nyomást nem bírják → rövidebb élettartam

# Steril rendszerben alkalmazható (ritkábban): **Pillangó szelep**



# A tartály alján lehet:

## Golyós szelep



<http://www.pbmvalve.com/valves/tank-bottom-valve>

## Diafragma szelep



<http://asepco.com/products/radial-diaphragm-valves/tank-bottom-valves/>

# Felhasznált irodalom

P. Meyer - Bioprocess Engineering, 191-252.

Elektropolírozás: <http://www.cnc.hu/2014/02/mi-is-az-elektropolirozas/>

<http://www.mk.unideb.hu/userdir/juhasz/segedlet/Csovezetekek.pdf>

[https://neutrium.net/fluid\\_flow/pressure-loss-in-pipe/](https://neutrium.net/fluid_flow/pressure-loss-in-pipe/)

Albright's Chemical Engineering Handbook. Albright, L.F. CRC Press, 2009



# Kérdések:

- Milyen acélt használnak bioreaktorok készítéséhez és hogyan alakítják ezeket?
- Mekkora a biotechnológiában elfogadott felületi érdesség?
- A csövek méretezése során milyen áramlást kell biztosítani a biotechnológiában és miért?
- Mi a 6d szabály?
- Mi a két leggyakrabban használt szeleptípus a biotechnológiában és miért ezeket részesítik előnyben?





Köszönjük a figyelmet!