

Hőcserélők: funkció, alapfogalmak, kiválasztás/méretezés, üzemeltetés/karbantartás



Hegel István

Sondex Hőcserélők Magyarország Kft. / Danfoss HHE

A hőcserélő

nevével ellentétben

**nem a hőcserélő cseréli a hőt,
hanem a bevezetett két áramló közeg**

és nem cseréli, hanem

**a melegebb közeg átadja a
hőt (entalpiája egy részét)
a hidegebb közegnek**

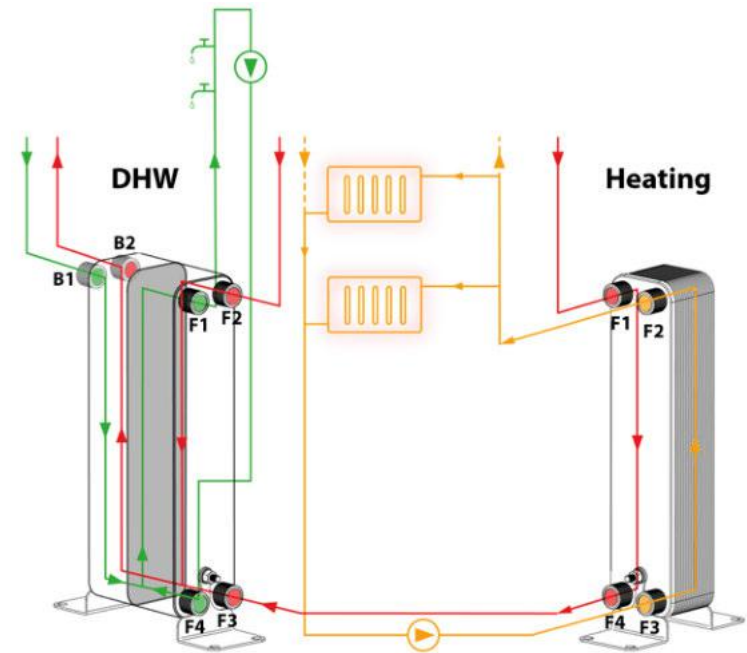
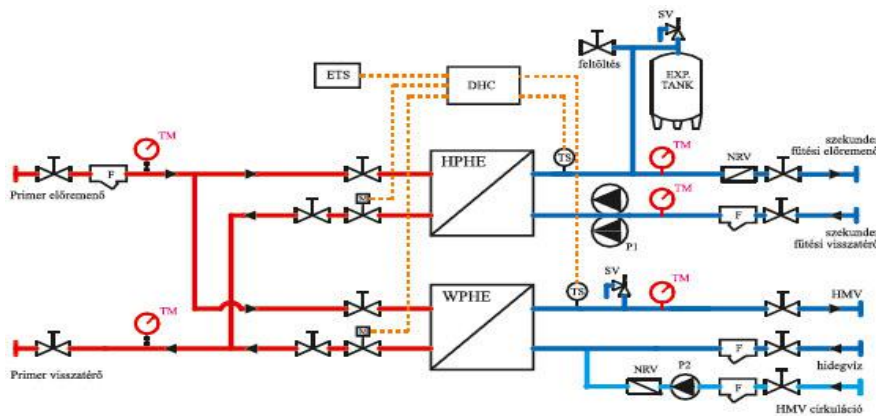
egy hőátadó felületen át, amely:

- Elválasztja a két közeget, hogy ne keveredjenek
- Hővezetéssel biztosítja a hő átadását



A hőcserélő két áramlási kör közös eleme

- A hőtermelő berendezés és az elosztó hálózat között
- Az elosztó hálózat és az épület fűtési/hűtési rendszere között
 - Fűtés
 - Légtechnika
 - Használati víz melegítése
 - Hűtés



Hidraulikai szempontok

- Névleges nyomásfokozat
 - PN6, PN10, PN16, PN25, ...
- A nyomásfokozat vonatkozhat a
 - Konstrukcióra
 - Lemezvastagság
 - Keretszerkezet, csavarzat (tömítésesnél)
 - Csatlakozásra
 - pl. egyes esetekben találkozunk ilyennel:
a hőcserélő nyomásfokozata legyen PN16,
de a csatlakozása legyen PN25
 - megoldható, a PN25 szerinti nyomáspróba esetén a hőcserélőt ki kell zárni.**



Beépítési javaslatok

- Elzáró szerelvények (szakaszoló szelepek) közel a hőcserélőhöz
- A szakaszoló szelepek és a hőcserélő között
 - Feltöltő/leürítő csonk
 - Légtelenítő csonk
 - Tisztító csonk (kellően nagy átmérőjű)
 - Nyomásmérő csonk
 - Esetleg hőmérő csonk
- Opció
 - Cseppgyűjtő tálca (leürítés – környezetvédelem)
 - Freccsenésvédő burkolat (személyvédelem, érintésvédelem)
- Elszennyeződés elleni védelem (pl. Y-szűrő, homokszűrő, iszapleválasztó)



Nyomásvesztés

- Nyomásvesztés: mindkét hidraulikai körbe be kell illeszteni!
- Mérése: nyomáskülönbség mérővel, vagy 2 manométerrel, ekkor:

Nem áramlik: (Benoulli egyenlet)

$$p_l = p_f + \rho g H$$

$$p_l - p_f = \Delta p = \rho g H$$

$$\Delta p' = 0$$

$$\Delta p' \neq \Delta p$$

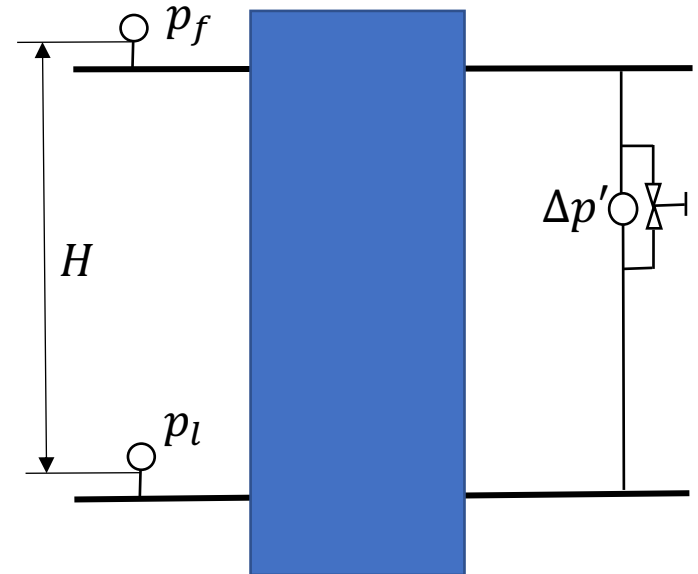
A magasságkülönbség figyelembe veendő!

$$p_f + \rho g H = p_l \pm \Delta p'$$

lefelé áramlásnál: +, felfelé áramlásnál: -.

$$\pm \Delta p' = p_f + \rho g H - p_l$$

Pl.: ha lefelé áramlik, és $p_f = p_l$ akkor $\Delta p' = \rho g H$ éppen.



Nyomásveszteség

- Megengedett nyomásveszteség:

$\Delta p'$	nagy	kicsi
hőcserélő	kisebb, olcsóbb	nagyobb, drágább
karbantartás	olcsóbb	drágább
öntisztulás	jobb	kevésbé jó
szivattyúzási munka	nagy	kicsi
üzemeltetés	drágább	olcsóbb

$$P_{sziv} = \frac{V \cdot (\Delta p'_{cső} + \Delta p'_{hőcserélő})}{\eta_{szivattyú}}$$

$$\text{költség} \sim P_{sziv} \cdot \text{üzemidő}$$



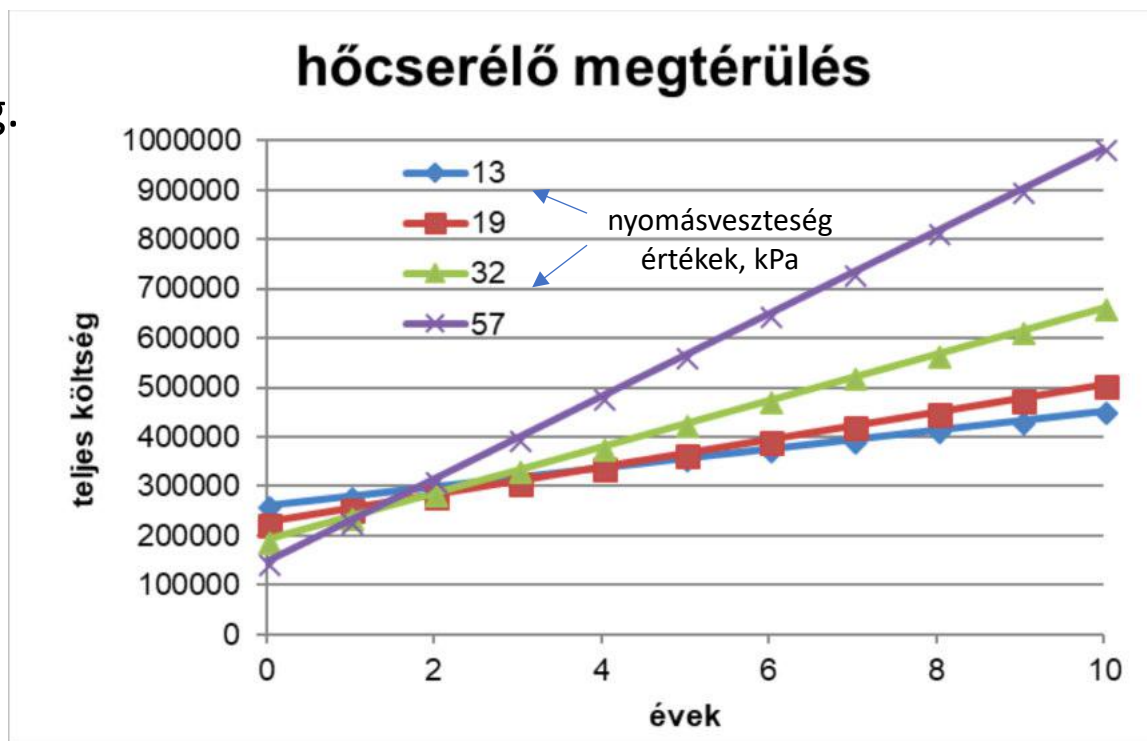
Nyomásvesztés

- Gazdaságossági kérdés
 - egy konkrét hőcserélő példáján bemutatva:

0. év: beruházási ktsg.

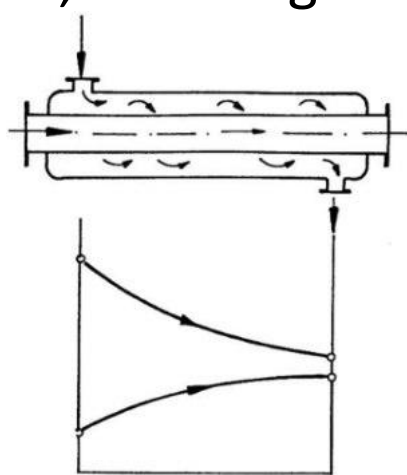
meredekségek:
 \cong áramdíj/év

költség $\cong \sim P_{sziv} \cdot \text{üzemidő}$



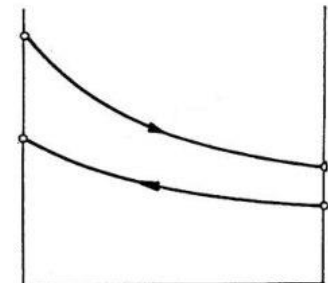
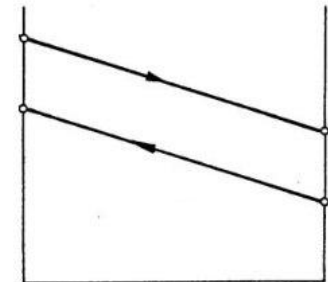
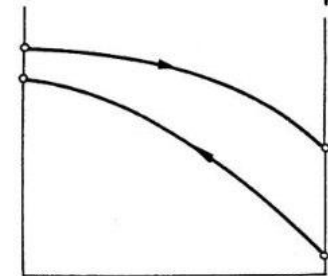
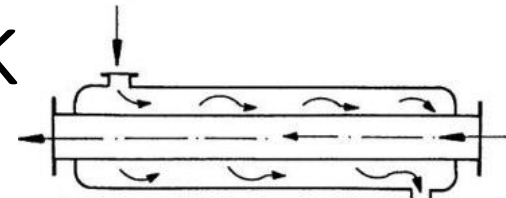
Áramlási irányok

- Cső-a-csőben, csőköteges:
egyenáram

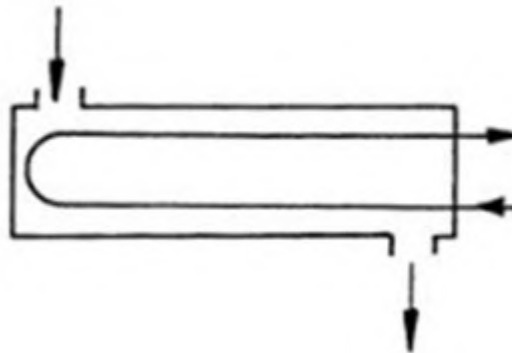


ellenáram

hőmérsékletlefutások
érzékelhető hőátadás
esetén



összetett, többjártú
pl. ellenkeresztáram

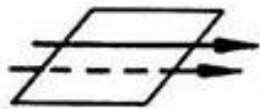


A képek forrása:

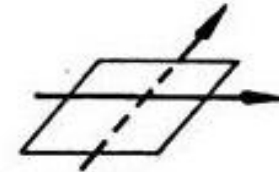
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelettan/ch03s03.html

Áramlási irányok

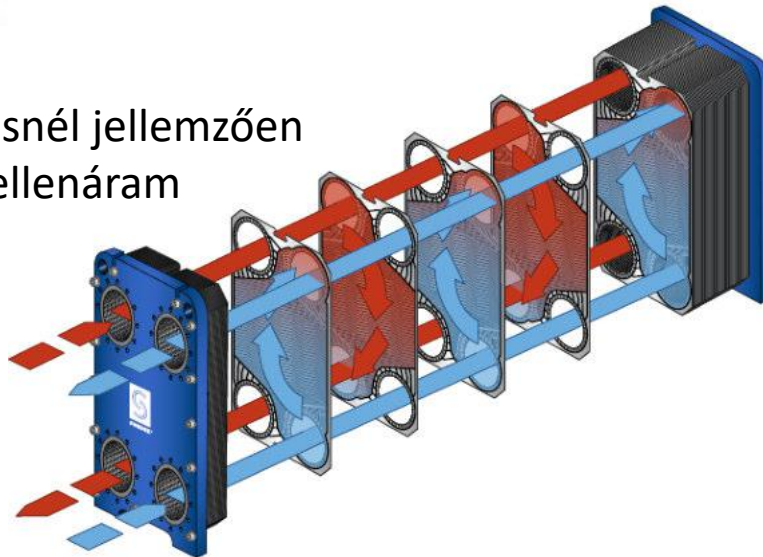
- Sík felület (lemezes hőcserélők):
egyenáram ellenáram



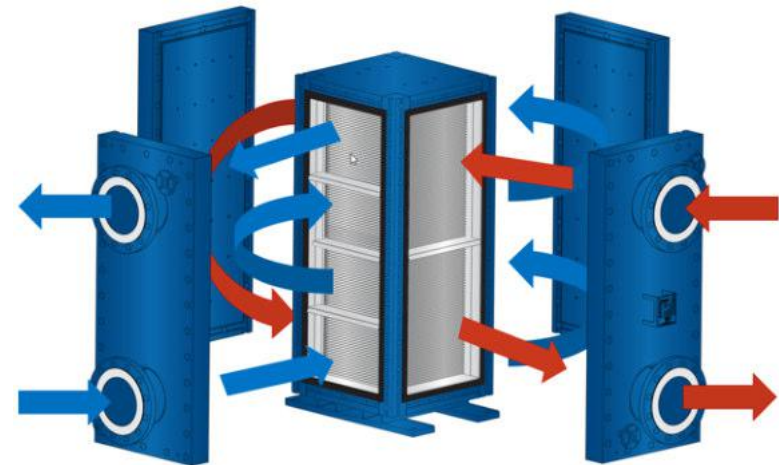
keresztáram



lemezesnél jellemzően
ellenáram



2-4 járatú ellenkeresztáram



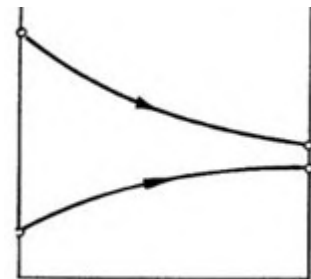
A fenti képek forrása:

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelettan/ch03s03.html

Áramlási irányok

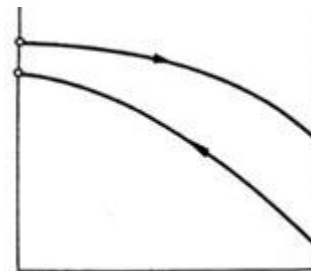
- Egyenáram

- A hideg közeg kilépő hőmérséklete nem emelkedhet a meleg közeg kilépő hőmérséklete fölé ☹️
- Közel állandó falhőmérséklet pl. élelmiszeriparban követelmény lehet 😊



- Ellenáram

- A hideg közeg kilépő hőmérséklete a meleg közeg kilépő hőmérséklete fölé emelkedhet, „tetszőlegesen” megközelítheti a meleg közeg belépő hőmérsékletét 😊



épületgépészetben mindig!!

a vonalak alakja a közegek tömegáramától és fajhőjétől, azaz a **hőkapacitásuktól** függ



A fenti képek forrása:

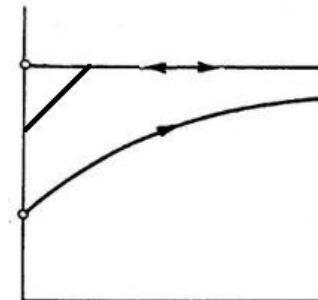
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelettan/ch03s03.html

Áramlási irányok

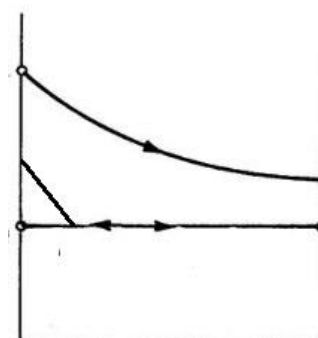
- Tiszta fázisváltozás esetei az áramlási irányok jelentősége másodlagos
 - Egyenáram: nagyobb hőmérsékletkülönbség a belépő oldalon: könnyebben beindul a fázisváltozás
 - Ellenáram: kondenzációnál nagyobb kondenz aláhűtés érhető el

elpárolgásnál magasabb túlhevítés érhető el (védi a kompresszort a maradó cseppektől)

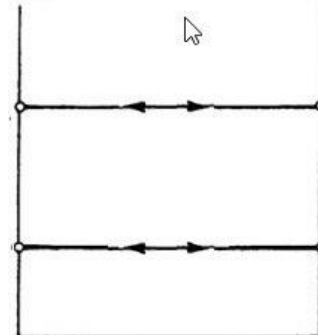
kondenzáció



elpárolgás



kondenzáció



elpárolgás



A képek forrása:

https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelettan/ch03s03.html

Hőtechnikai alapok közegek hőkapacitása

- Meleg közeg lehűl: Δt_m , a hideg közeg felmelegszik: Δt_h
hőteljesítmény: $Q \sim$ áramló mennyiség m, V * hőfokváltozás Δt

$$Q = cm\Delta t \quad \text{meleg és hideg oldalon a } Q \text{ azonos!}$$

$$m = \rho V \quad Q = c\rho V\Delta t = W\Delta t \quad W = c\rho V = cm$$

$$W = \frac{Q}{\Delta t}$$

W: az adott mennyiségű közeg hőfelvevő/hőleadó képessége:

**1°C hőmérsékletcsökkenéssel ill. -növekedéssel
leadott ill. felvett hő(teljesítmény)**

hőkapacitásáram, vízérték

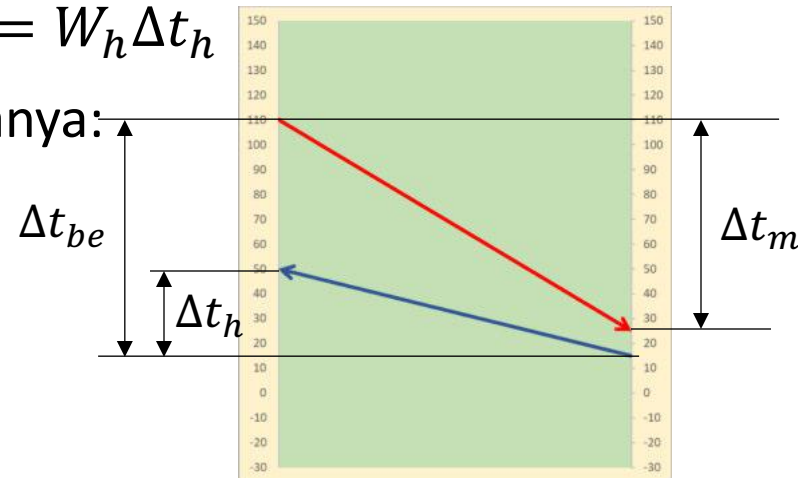
(víz esetén $\text{kcal}/\text{h} = \text{kg}/\text{h} * \Delta^\circ\text{C}$)



Hőtechnikai alapok közegek hőfokváltozása

- a leadott hő = a felvett hő: $Q = W_m \Delta t_m = W_h \Delta t_h$
- a hőfokváltozások aránya: vízértékek aránya:

$$\frac{\Delta t_m}{\Delta t_h} = \frac{W_h}{W_m}$$



- Melyik a kisebb, melyik a nagyobb?

$$W_{kisebb} \rightarrow \Delta t_{nagyobb}$$

$$W_{nagyobb} \rightarrow \Delta t_{kisebb}$$

$$\frac{W_{kisebb}}{W_{nagyobb}} = w$$

$$0 \leq w \leq 1$$

laposabb vonal:

kisebb hőfokváltozás
nagyobb vízérték

meredekebb vonal:

nagyobb hőfokváltozás
kisebb vízérték



Hőtechnikai alapok hőátadás limitek

- a hőcserélőben levő legnagyobb hőfokkülönbség a belépő hőfokok különbsége:

$$\Delta t_{max} = t_{m,be} - t_{h,be} = t_{be}$$

$$0 \leq \Delta t_{m,h} \leq \Delta t_{be}$$

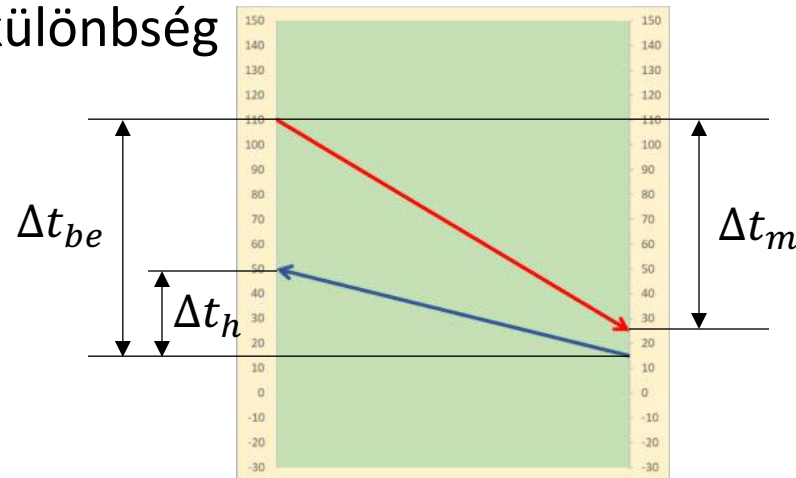
- adott belépő paraméterek esetén az elvileg átadható maximális hő:

$$Q_{max} = W_{kisebb} \Delta t_{be}$$

- adott hőteljesítményhez és belépő hőfokokhoz kellő minimális áramló mennyiség:

$$W_{kisebb, min} = \frac{Q}{\Delta t_{be}}$$

$$F = \infty !!!!!$$



Hőtechnikai alapok hatásosság

- a közegek hőfokváltozása Δt_{be} értékkel arányos, és ennél csak kisebb lehet (még $\Delta t_{nagyobb}$ is):

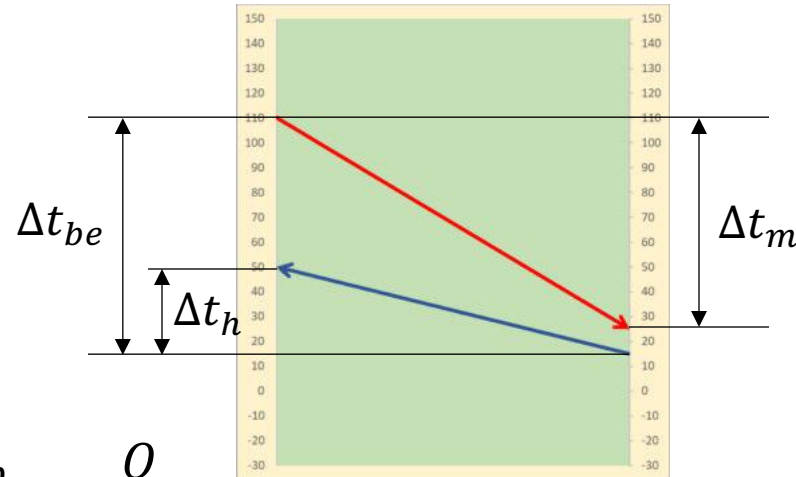
$$\Delta t_{kisebb} \leq \Delta t_{nagyobb} < \Delta t_{be}$$

$$\Delta t_{nagyobb} = \varphi \Delta t_{be}$$

$$0 \leq \varphi = \frac{\Delta t_{nagyobb}}{\Delta t_{be}} = \frac{W_{kisebb} \Delta t_{nagyobb}}{W_{kisebb} \Delta t_{be}} = \frac{Q}{Q_{max}} \leq 1$$

Az arányossági tényező a

φ : a hőcserélő hatásossága



$$\Delta t_{kisebb} = w \Delta t_{nagyobb} = w \varphi \Delta t_{be}$$

Tisztelettel: *nem* hatásfok, ilyen a hőcserélőnek nincs!

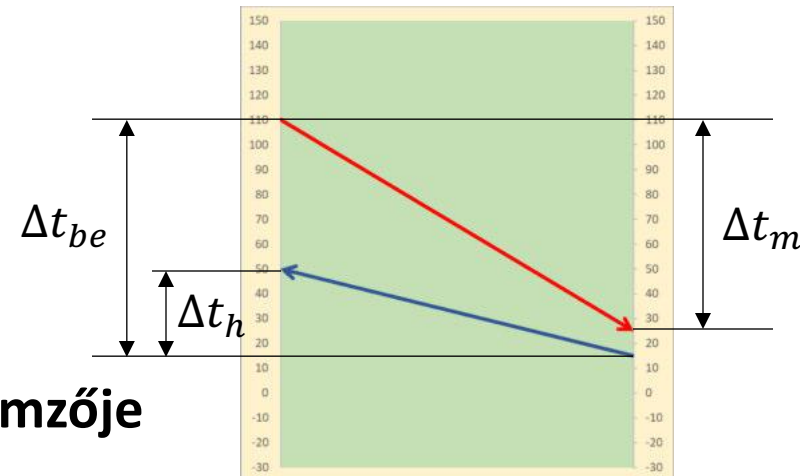


Hőtechnikai alapok hatásosság

- a φ hatásosság:
 - Tervezésnél
 - Visszaellenőrzésnél,
egyéb állapotok számításánál

tervezési adat

a hőcserélő kiadódó jellemzője



$$Q = \varphi W_{kisebb} \Delta t_{be} = \varphi Q_{max}$$

- Az átadott hő (adott térfogatáram arányoknál) arányos a
 - Átáramló mennyiséggel
 - Belépő hőfokkülönbséggel



Hőtechnikai alapok hőcsere

- A hőcserélő felületén átadott hő:

$$Q = kF\overline{\Delta t}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_m} + \frac{1}{\alpha_h} + \frac{\delta}{\lambda} + f = \frac{1}{k_t} + f$$

k : (átlagos) hőátadási tényező ((O)HTC)

F : hőátadó felület

$\overline{\Delta t}$: átlagos hőmérsékletkülönbség, MTD
a **hajtóerő** a meleg és hideg közeg között

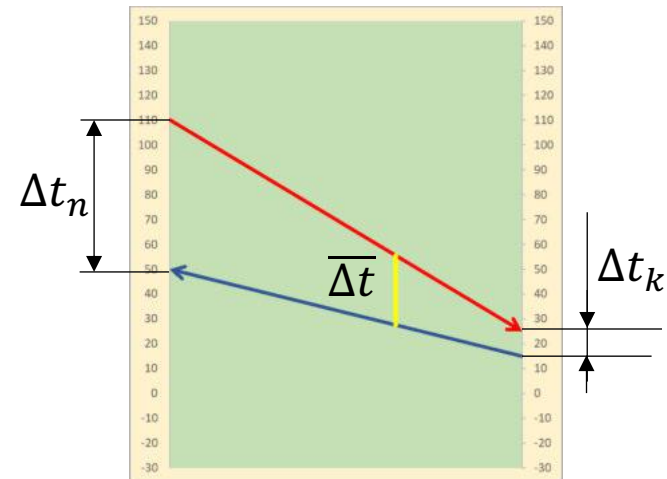
MTD \cong LMTD:

$$kF = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$\overline{\Delta t} \cong \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}}$$

kF : a hőcserélő hőátadó képessége:

1°C átlagos hőfokkülönbségnél átadott hő(teljesítmény)



Hőtechnikai alapok

NTU

- A hőcserélővel szemben támasztott igény azt jelenti, hogy: mekkora (legyen) a hőcserélő hátadó képességének (kF) az aránya a közegek hőfelvő/leadó képességéhez (W) képest:

$$\frac{kF}{W_{kisebb}} = ? \quad \frac{kF}{W_{kisebb}} = \frac{\frac{Q}{\Delta t}}{\frac{Q}{\Delta t_{nagyobb}}} = \frac{\Delta t_{nagyobb}}{\Delta t} = NTU$$

Azaz a nagyobb hőfokváltozás aránya a hajtóerőhöz képest.

NTU: Number of Transfer Units (magyarul nem tudom mi lenne a neve):

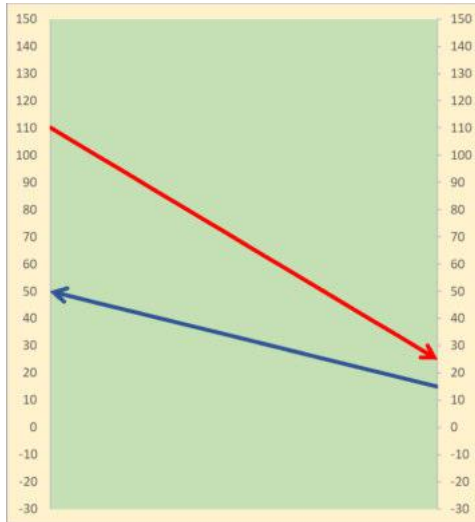
a nagyobb közeg-hőfokváltozás a hajtóerő hányszorosa (legyen)

Ez a hőcserélő egyik legfontosabb termikus paramétere, ami a méreteit meghatározza.

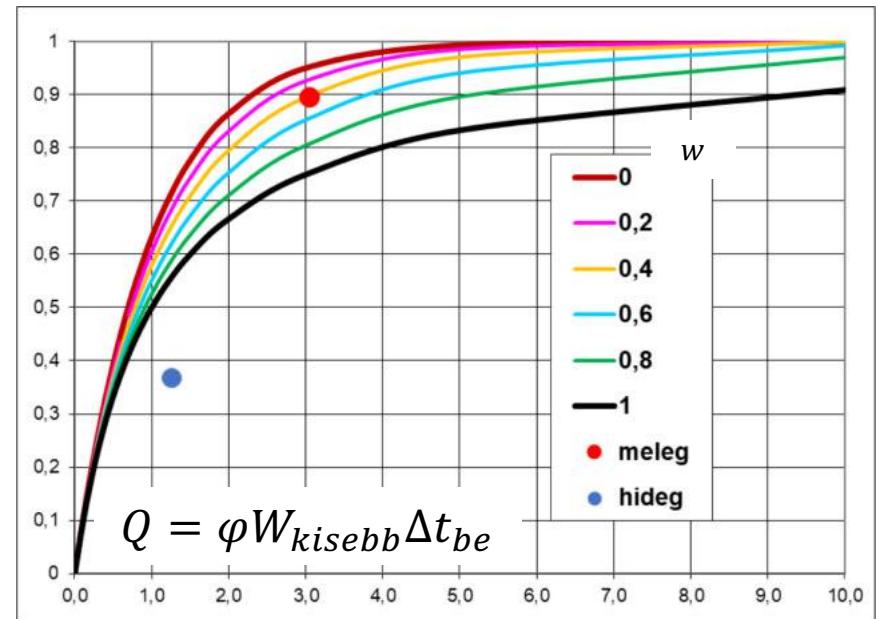


$$\varphi = f(NTU, w)$$

- **kicsi φ** : pusztán a felület növelésével **arányosan** lehet növelni a teljesítményt.
- **nagy φ** : pusztán a felület növelésével csak **igen kis mértékben** lehet növelni a **teljesítményt**.



$$\varphi = \frac{Q}{Q_{max}}$$



$$NTU = \frac{kF}{W_{kisebb}}$$



Példa: HMV nyáron

Primer: $65\text{ °C} \rightarrow 25\text{ °C}, \Delta t_{pr} = 40\text{ °C}$

HMV: $15\text{ °C} \rightarrow 50\text{ °C}, \Delta t_{sz} = 35\text{ °C}$

$$\Delta t_{nagjobb} = 40\text{ °C}$$

$$\Delta t_{be} = 65\text{ °C} - 15\text{ °C} = 50\text{ °C}$$

$$\varphi = \frac{40\text{ °C}}{50\text{ °C}} = 0,8$$

$$\bar{\Delta t} = 12,33\text{ °C}$$

$$NTU = \frac{40\text{ °C}}{12,33\text{ °C}} = 3,24$$



Példa: geotermikus hő

Termál: $80\text{ °C} \rightarrow 42\text{ °C}, \Delta t_{pr} = 38\text{ °C}$

Szek.: $40\text{ °C} \rightarrow 78\text{ °C}, \Delta t_{sz} = 38\text{ °C}$

$$\Delta t_{nagjobb} = 38\text{ °C}$$

$$\Delta t_{be} = 80\text{ °C} - 40\text{ °C} = 40\text{ °C}$$

$$\varphi = \frac{38\text{ °C}}{40\text{ °C}} = 0,95$$

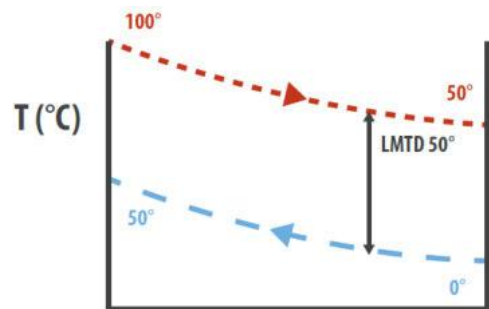
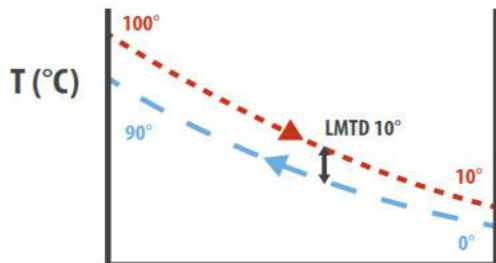
$$\overline{\Delta t} = 2\text{ °C}$$

$$NTU = \frac{38\text{ °C}}{2\text{ °C}} = 19$$

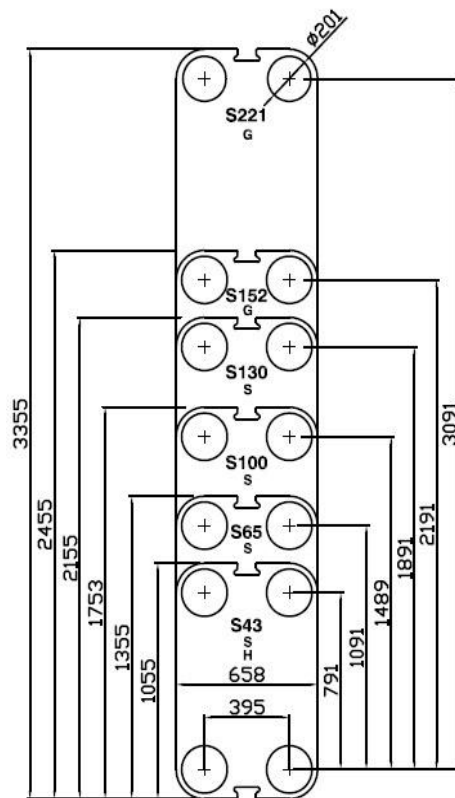
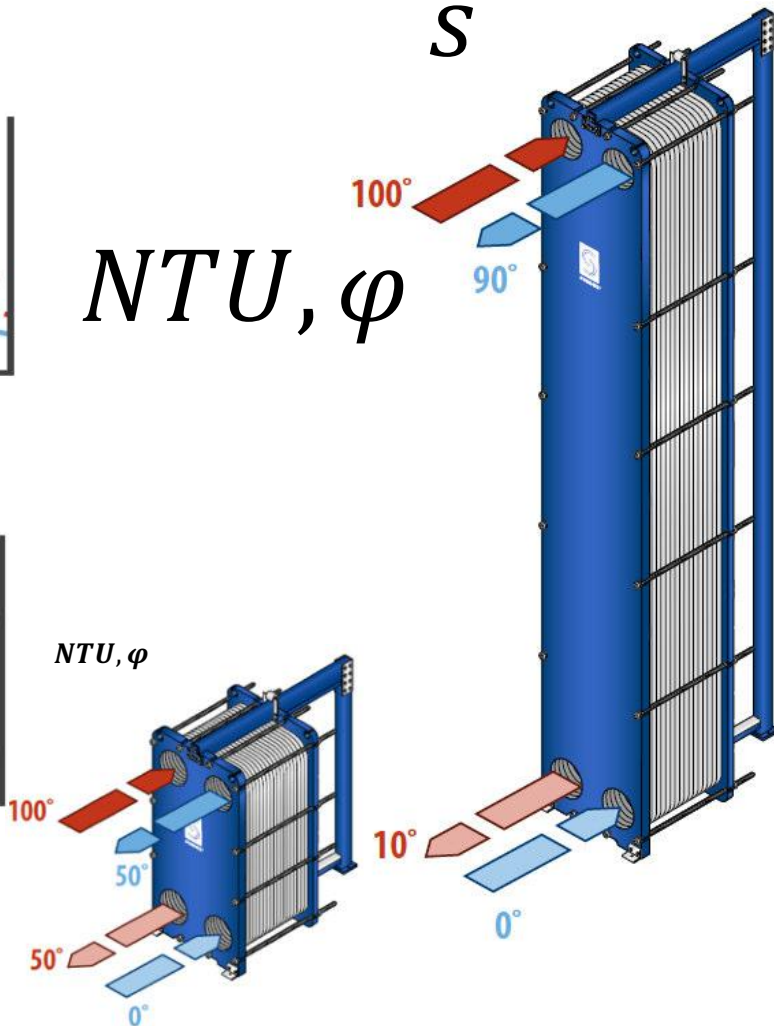


$$NTU \sim \frac{H}{s}$$

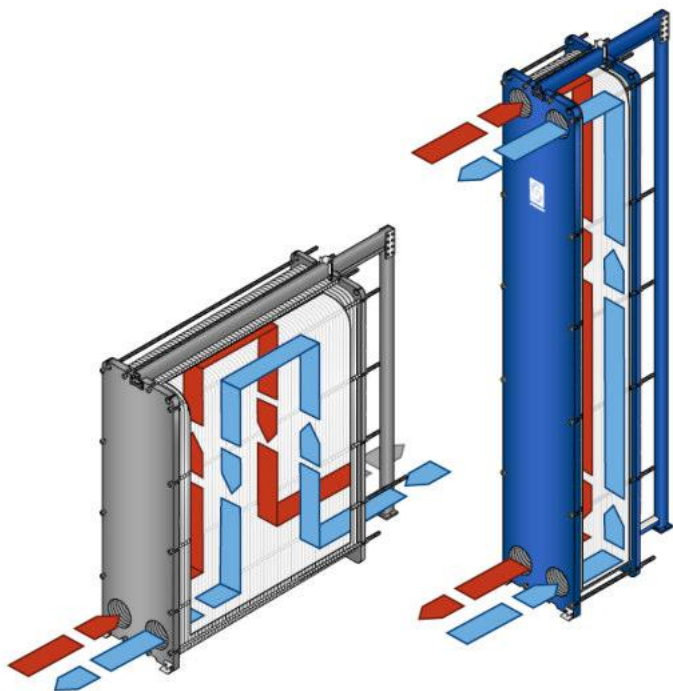
H : lemezmagasság
 s : csatornaszélesség
(lemeztávolság)



$$NTU, \varphi$$

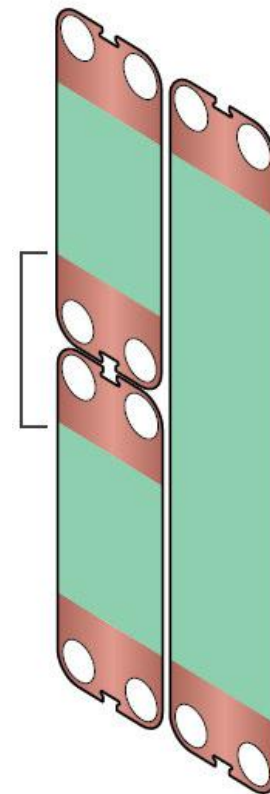


„Nagyon nagy” NTU



Két- (vagy több-) járatú hőcserélőt kerüljük, mert

- Kihasználatlan terület →
- Hátsó csonkok
 - Utánhúzás ?
 - Szétszedéskor le kell bontani a csövet
 - Légtelenítés* ?
 - ...



... ha van a palettán
és persze befér a magas hőcserélő ☺

*) megfelelően nagy
nyomásvesztéssel lehet rendesen



Típusok

Tömítéses



Forrasztott



Főbb jellemzők

Forrasztott	Tömítéses
Kisebb, kompakt	Nagyobb + keretszerkezet
$PN40 \div 60$ $t_{max} \cong 185 \div 200 \text{ } ^\circ\text{C}$	$PN25 \div 40$ $t_{max} \cong 110 \div 150 \div 170 \text{ } ^\circ\text{C}$
Nem szedhető szét	Szétszedhető
... ezért csak CIP tisztítás lehetséges	Szétszedve is tisztítható, a lemezköteg külön savazható
Nincs javítható/pótolható alkatrésze - eldobható	A tönkrement alkatrészek pótolhatók, hosszabb élettartam
... nem alakítható át	Bővíthető, átalakítható
	Helyszínen összeszerelhető, ha nem lehet bevinni egyben
Ugyanakkora (de nem túl nagy) teljesítmény esetén:	
Olcsóbb	Drágább



Alkalmazási területek

- Alapvetően mindkét típust lehet a távhőnél előforduló alapfeladatokra alkalmazni:
 - Fűtés
 - Légtechnika
 - HMV
 - Hűtés
- Csak tömítéses lehet, ha várhatóan
 - Szétszedéssel kell majd tisztítani vízkő, pl. HMV, geotermikus alkalmazás, uszodafűtés ...
 - Később bővíteni kell majd
 - ...

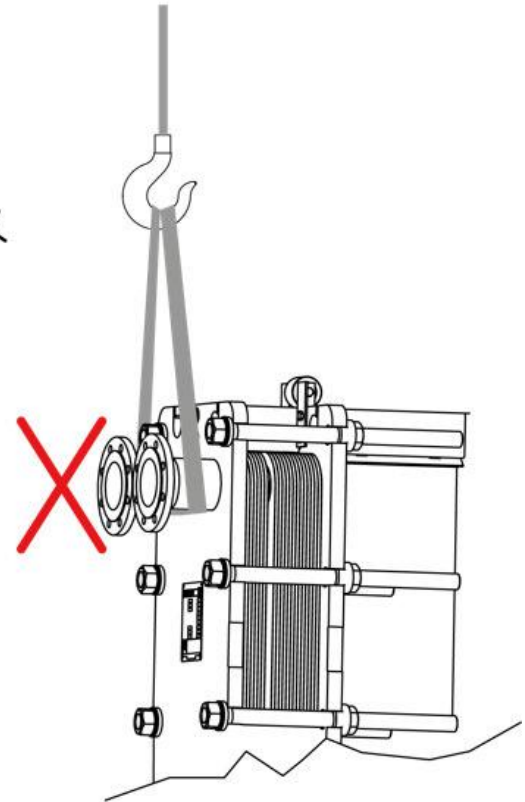
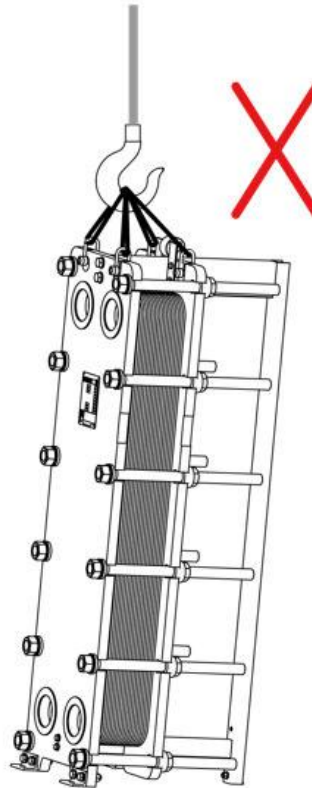
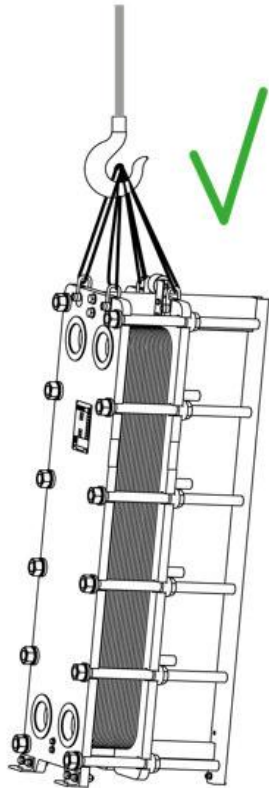


Kiválasztás

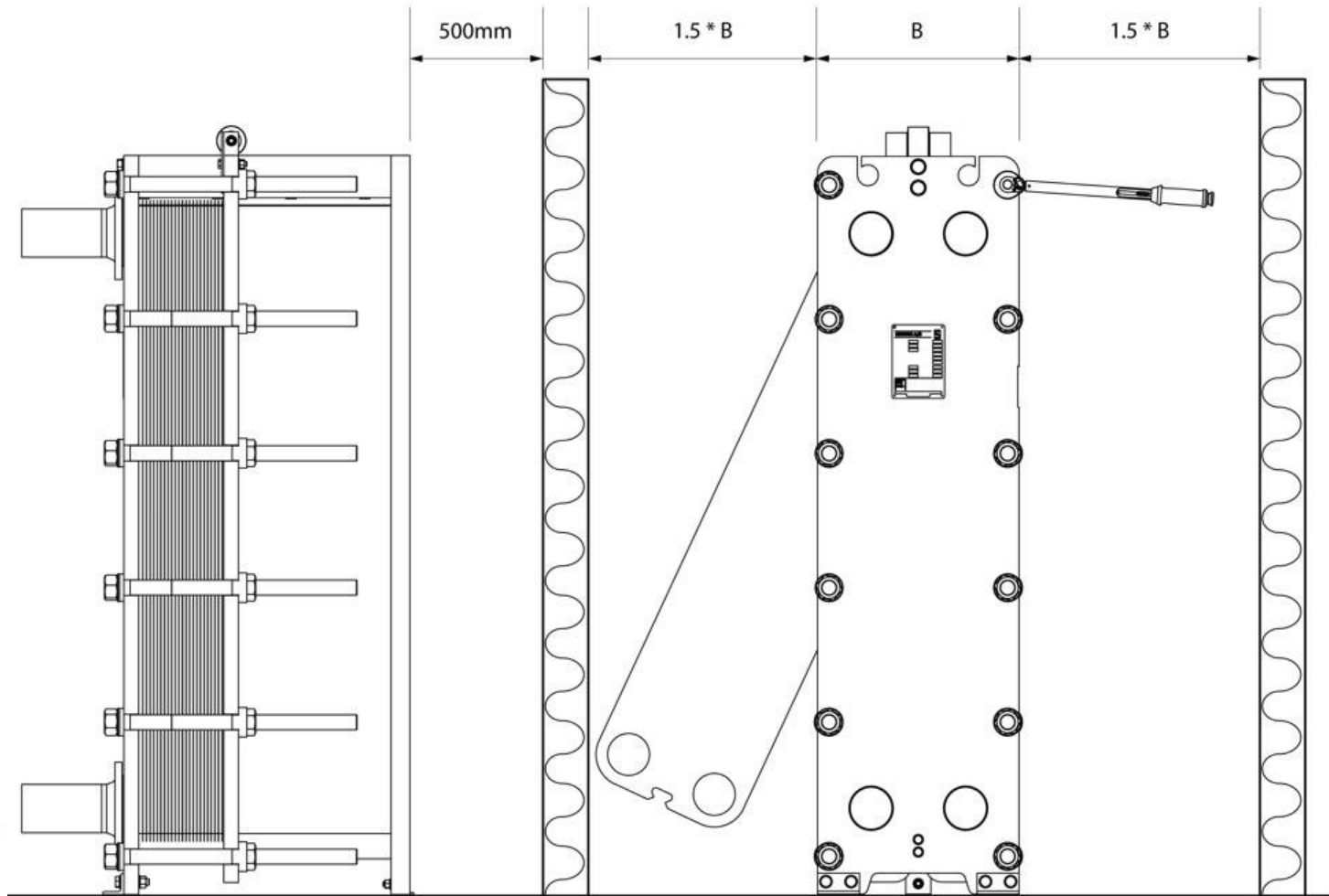
- Tervezéshez szükséges adatok
 - Típus, forrasztott – tömítéses – csőcsatlakozás
 - Közegek (glikol – koncentráció, ...)
 - PN, t_{max}
 - Átvitt hő
 - Be- és kilépő hőmérsékletek, vagy a mennyiségek
 - Megengedett nyomásveszteségek a két oldalon
 - A tervezési állapottól esetlegesen eltérő üzemállapotok
 - Egyéb szempontok
 - Max. megengedett csonksebség
 - Két oldal közötti max. nyomáskülönbség
 - Méret-, súlykorlát, ...
 - Kiegészítő elemek: szigetelés, csepptálca, műszerezés, ...
 - ...



Szállítás

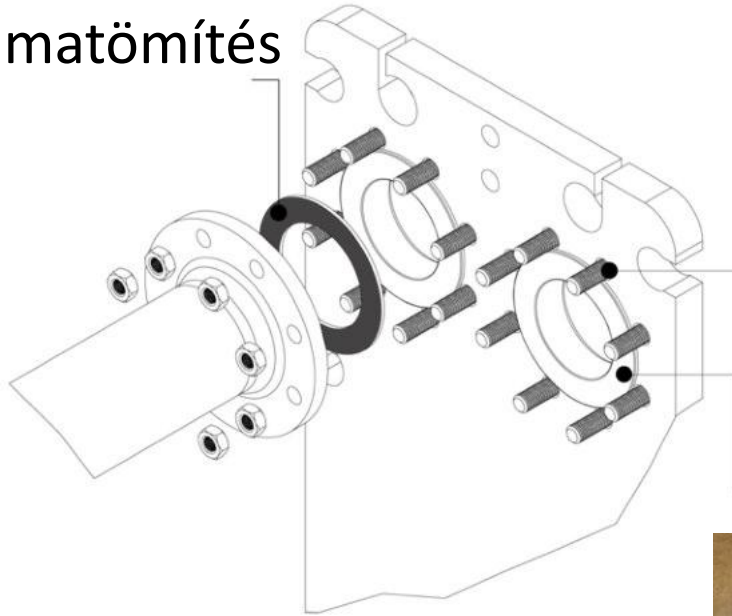


Beépítés



Csőcsatlakozás

karimatömítés



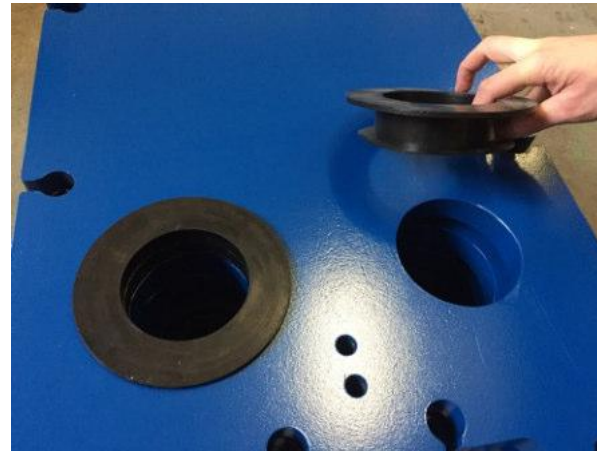
menetes furat
a keretlemezben,
benne töcsavar

Opció:

gumibélés

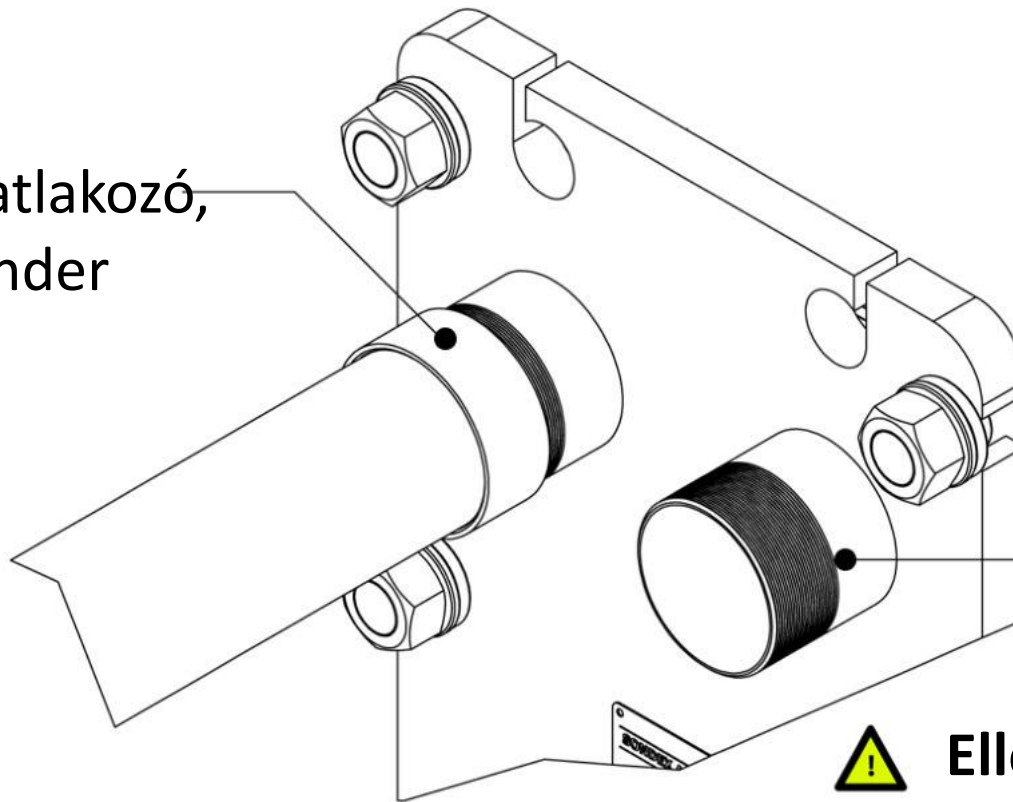
(nem kell karimatömítés)

fém bélés



Csőcsatlakozás

Gyorscsatlakozó,
pl. hollander



menetes csővég



Ellentartani!!!



Indítás

Colt 1911A1

Kaliber: 45 ACP

Golyó: 15 g

Torkolati sebesség: 259 m/s

$$E_{mozg} = 503 J$$

Csőátmérő: DN150

Csőhossz: 4 m

Áramlási sebesség: 4 m/s

$$E_{mozg} = 565 J$$



Lassú szelepnnyitás!!!

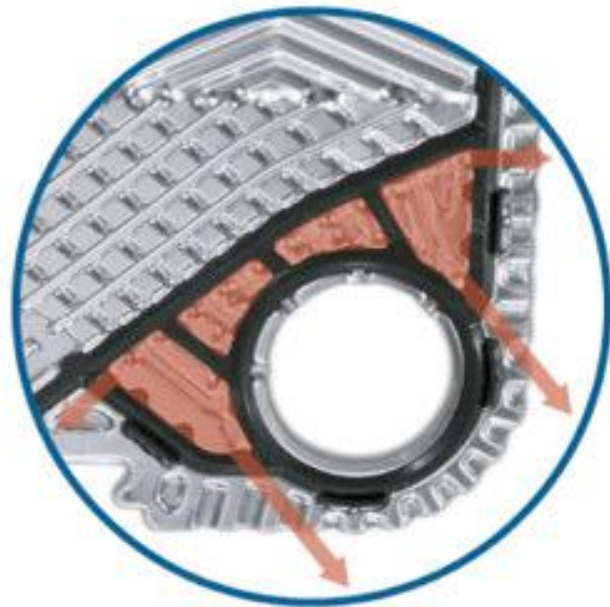


Karbantartás

- Szivárgás, folyás (tömítéses)
 - Kis szivárgásnál nem kell mindjárt gumit cserélni, a megengedett méretig lehet szorítani* a lemezkötegen
 - Ha csak egy helyen folyik, lemezpár ki, ...
 - Ha semmi nem segít: gumicsere
- Tömítéshiba miatt nem keveredhet a két közeg

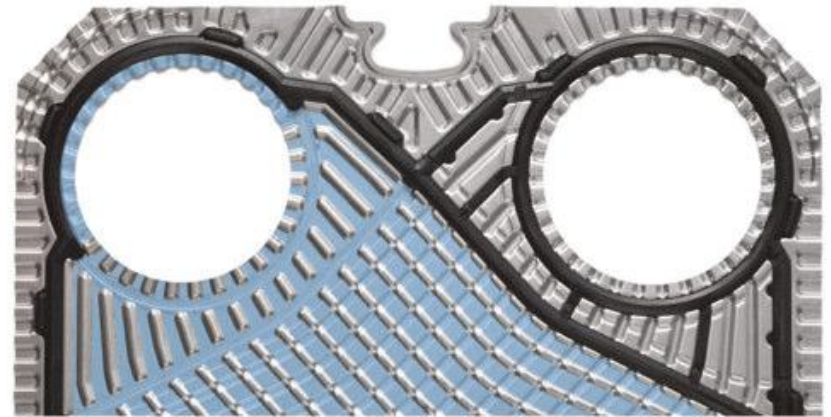
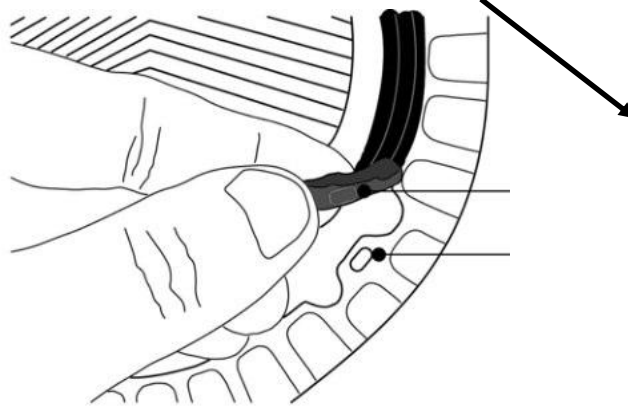
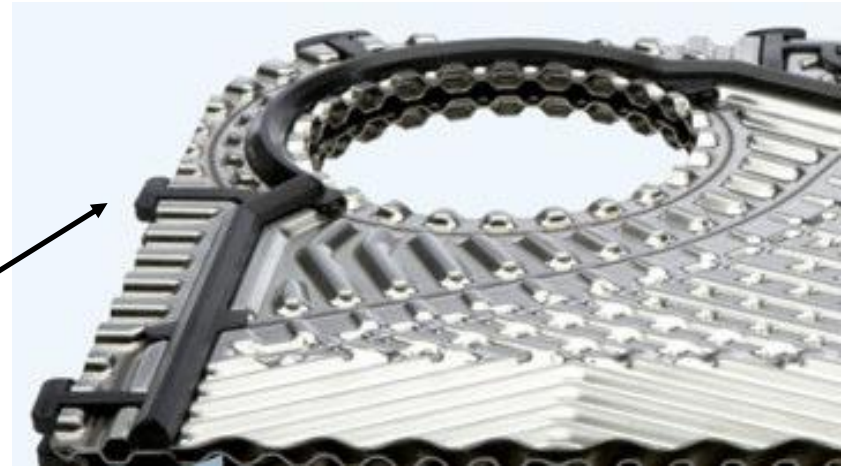


***) Szorítani csak feszmentes, hideg állapotban szabad!**



Karbantartás

- Gumicsere,
gumirögzítési módok
 - Ragasztott (nem jellemző)
 - Mechanikus
 - Clip, Hang-on (oldalt kilóg)
 - Lock (nem lóg ki oldalt)

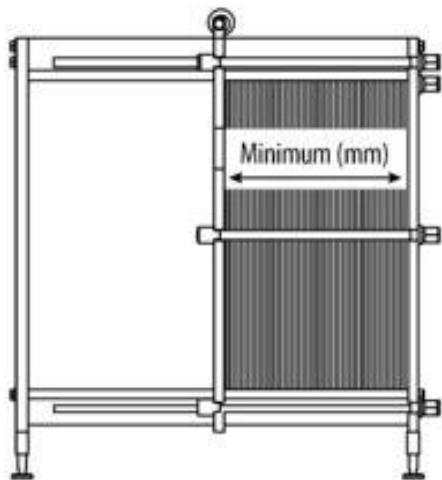


Karbantartás

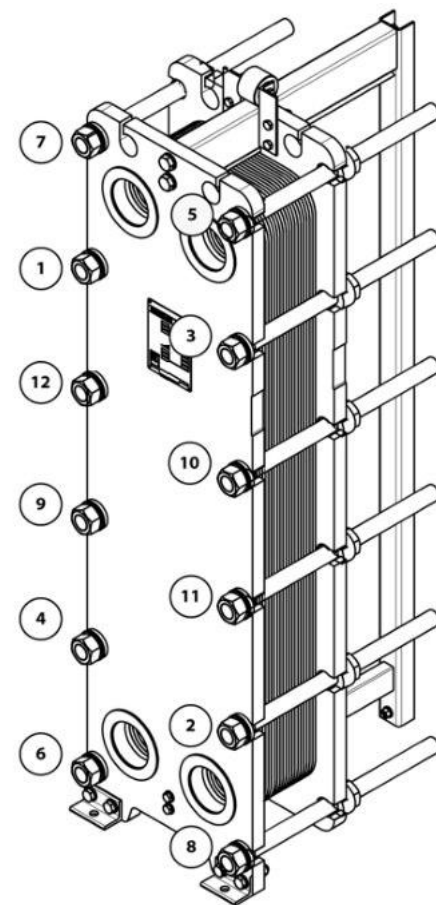
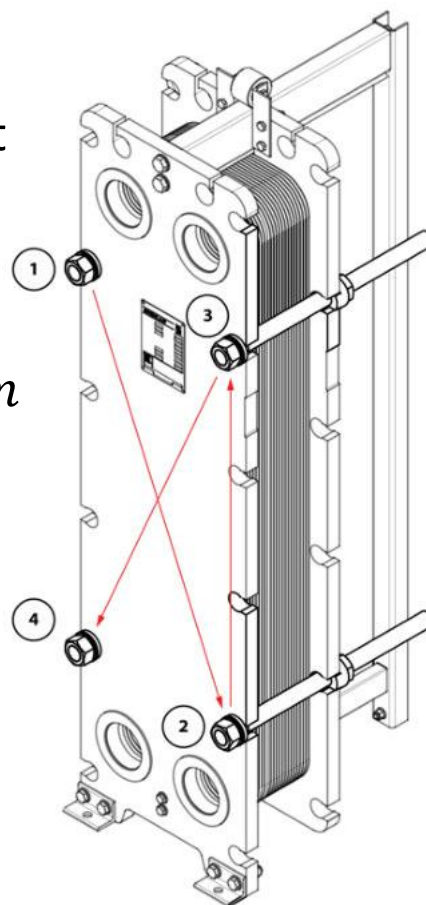
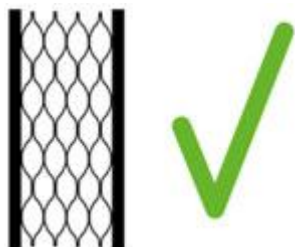
- Elpíszkolódás (lerakódás, vízkő)
 - Ellenállás-növekedés
ezt érdemes figyelni
 - Teljesítménycsökkenés
ha a szabályzás már nem tud utánamenni, már késő
- Tisztítás
 - CIP: lehet próbálni, a vége az, hogy szét kell szedni
 - Szétszedéssel
 - Nagynyomásos mosóval
 - Áztatással



Összeszerelés



← adattábla adat
Gyári méret
új tömítéssel:
lemezenként
 $+ 0,1 \div 0,15 \text{ mm}$



Köszönöm a figyelmet!



Hegel István
+36-30-585-0583
hi@sondex.hu



www.tavho.org/e-learning