

SZAKDOLGOZAT

Hajdú Dániel
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Gépészmérnök Szak

**Meglévő tejpasztöröző berendezés rekonstrukciós tervezése és
technológiai továbbfejlesztése**

Belső konzulens: Madarász István
mestertanár

Külső konzulens: Lukács Eszter
Tudományos
segédmunkatárs

Készítette: **Hajdú Dániel**
XK3W97
Nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet

Gödöllő

2023

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Mérnökinformatika specializáció

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Hajdú Dániel (XK3W97)

részére

A szakdolgozat címe:

Meglévő tejpasztöröző berendezés rekonstrukciós tervezése, és technológiai továbbfejlesztése

Feladatkiírás:

Készítse el a meglévő tejpasztöröző berendezés CAD modelljét és találjon megoldást a pasztörözés utáni megnövekedett szállítási távolságra.

Közreműködő tanszék: Gépszerkezettani


Külső konzulens: *Lukács Eszter*, Tudományos segédmunkatárs, BME, Gépészmérnöki Kar

Belső konzulens: *Madarász István*, mestertanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Beadási határidő: 2023. november 06.

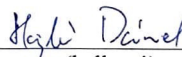
Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)

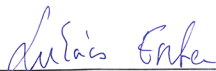

(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 11. hó 02. nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
1.1	Téma ismertetése.....	3
1.2	Célkitűzés.....	4
2	Szakirodalom feldolgozás	5
2.1	Centrifugál szivattyú működése.....	5
2.2	Súrlódási veszteség	6
2.3	Csővezetékek méretezése.....	9
2.4	Folyadékútés	12
2.5	Szivattyú kiválasztása	15
3	Tervezés előkészületei	18
3.1	Szivattyú kiválasztása	18
3.2	Meglévő berendezés 3D-s rekonstrukciója	19
4	Megvalósítás	21
4.1	Szivattyú kiválasztásának szemléltetése	21
4.1.1	Régebbi berendezés működési paraméterei egy darab szivattyúval.....	21
4.1.2	Új csőnyomvonalon keletkezett nyomásesés.....	22
4.1.3	Nyomásfokozó szivattyú kiválasztása	25
4.2	A modellezés folyamata.....	27
4.2.1	Vázkeret kialakítása.....	27
4.2.2	Rögzítési és kötési pontok kialakítása	28
4.2.3	Alkatrészek kutatása és szerelése	29
4.2.4	Csőrendszer kialakítása	30
4.2.5	Nyomásfokozó szivattyú pozicionálása.....	31
5	Ellenőrző számítások	32
5.1	Folyadékútés	32
5.2	Cső paramétereinek ellenőrzése.....	33
6	Gazdasági számítás	35
6.1	Bekerülési érték változása.....	35
6.2	A fejlesztés költsége és előnyei	36
7	Összefoglaló	37
8	Summary	38
9	Irodalomjegyzék	39
10	Mellékletek	40

Ábrajegyzék

1. ábra Örvényszivattyú axonometrikus képe [2]	6
2. ábra Bernoulli-egyenlet ábrázolása [5]	7
3. ábra A kísérlet eredménye [6].....	8
4. ábra Moody-diagram használata [7]	9
5. ábra Csőben keletkező tangenciális és axiális feszültségek [8].....	11
6. ábra Nyomáshullám kialakulása hirtelen zárás esetén [9]	13
7. ábra Különböző anyagok gyakorlati sűrűsége [11]	15
8. ábra Szivattyú jelleggörbe [1].....	16
9. ábra Jelleggörbe meredeksége [1]	17
10. ábra Szivattyú kiválasztásának módszere [12]	17
11. ábra Meglévő berendezés blokkvázlata	20
12. ábra Meglévő berendezés nyomásfokozó szivattyúval kiegészült blokkvázlata	20
13. ábra EFI2 szivattyú jelleggörbéje [12]	22
14. ábra Az újonnan kialakított csőnyomvonal paraméterei	23
15. ábra Moody- diagram [7].....	24
16. ábra Willo CH1-L termékcsalád jelleggörbéi [14]	25
17. ábra Inoxpa EFI termékcsalád jelleggörbéi [12]	26
18. ábra Inoxpa EFI 1 szivattyú jelleggörbéje [12]	26
19. ábra Kiinduló régi berendezés	27
20. ábra Vázkeret 3D-s modellje.	28
21. ábra Vázkeret a rögzítési és kötési pontok kialakítása után	29
22. ábra Modell a meglévő berendezésekkel	30
23. ábra Nyomásfokozó szivattyú előtti rendszer modellje.....	31
24. ábra Teljes berendezés	32

Táblázatjegyzék

1. táblázat Szállított közeg közepes sebessége [8].....	10
2. táblázat Alkatrészek árai egységekre lebontva és összegezve.....	35

1 Bevezetés

1.1 Téma ismertetése

A Zootechnika Kft.-t közel 30 éve alapították és azóta is értékesítik berendezéseiket gazdaságoknak az egyéni termékfeldolgozás céljából. Értékesítési területük az élelmiszeripar azon belül is legfőbb a tejfeldolgozás. Termékeik közé tartoznak pasztőrök, töltőgépek, tejadagolók, mosóberendezések, de akár kisebb tejüzemek tervezése és kivitelezése is szerepel a portfóliójukban.

A céghez közel egy éve csatlakoztam azzal a céllal, hogy a berendezéseikről készítsék CAD modellt. Ennek alkalmazásával könnyebb a megrendelők igényei szerint átalakítani berendezéseiket vagy segítséget nyújtani számukra a berendezés alkalmazási területének előkészítéséhez.

Szakdolgozati témám is egy ilyen speciális igény megvalósításához fűződik, amikor is a felmerülő problémára kerestük a megoldást. Az átalakítást és rekonstrukciót egy tejpasztőröző berendezésen kellett elvégeznem. A mérnök kollégák a munkám teljes ideje alatt segítségemre voltak, mint például a régebbi berendezés szemléltetésével, az elvárt paraméterek és igények ismertetésével.

1.2 Célkitűzés

Szakdolgozatom során egy meglévő tejpasztöröző berendezés fejlesztése és újra tervezése, illetve 3D-s modell, valamint 2D-s rajzi dokumentálása volt a feladatom. A dokumentációk segítségével a megrendelőnek lehetősége nyílik a felhasználási terület beüzemelés előtti felkészítésére. A megrendelő a terméket pasztörözés után az eddigieknél nagyobb távolságra szeretne volna szállítani, ezzel kiváltva egy teljes munkafolyamatot. Erre kerestem a megoldást, a megadott nyomási és térfogatárami paramétereket figyelembe véve, valamint a követelményeknek eleget téve.

Munkám megvalósításának terve:

- Paraméterek meghatározása számításokkal
- Legjobb megoldás kiválasztása a problémára
- 3D-s modell elkészítése a tejpasztöröző állomásról
- Rajzi dokumentációk elkészítése
- Ellenőrző számítások

2 Szakirodalom feldolgozás

Az irodalom feldolgozás során a keresett probléma megoldásához szükséges összefüggések, tudományos ismeretek kerülnek bemutatásra és összegzésre. Ezek felhasználása a későbbiekben biztosítja számomra a feladatom precíz megoldását.

2.1 Centrifugál szivattyú működése

Az ember életében a szivattyúk már több ezer éve jelen vannak, ugyanis mindig is problémát jelentett a folyadék szállítása a kívánt helyre. Kezdetben a szivattyúk állati meghajtásúak voltak. Későbbiekben pedig orsóra szerelt lapátos szerkezetűek, ezen az elven alapszik az Arkhimédészi csavar is, amely a gravitációt leküzdve a lapátok segítségével juttatta el a vizet a világ egyik csodáiként tartott Babiloni függőkertbe. [1]

Napjainkban már a szivattyúknak rengeteg fajtáját és felhasználási területeit ismerik az emberek. Legfőbb alkalmazási területek:

- Mezőgazdaság
- Élelmiszeripar
- Olajipar
- Szennyvízipar
- Hűtés- fűtés technika
- stb.

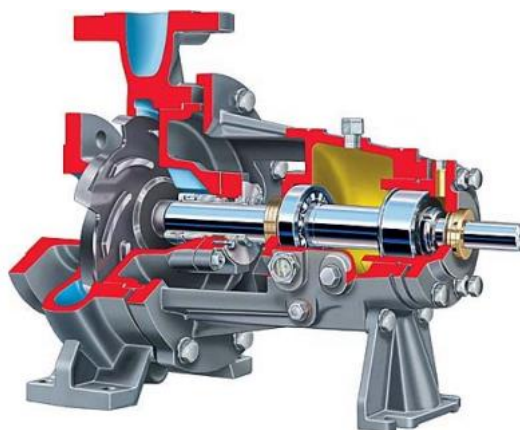
A szivattyúkat több különféle szempontok alapján tudjuk csoportosítani.

Örvényszivattyúk:

- Centrifugál szivattyúk
- Félaxiális szivattyúk
- Axiális szivattyúk

Térfogatkiszorításos szivattyúk:

- Dugattyús szivattyúk
- Forgó mozgást végző térfogatkiszorítású szivattyúk



1. ábra Örvényszivattyú axonometrikus képe [2]

Az örvényszivattyúk az áramlástechnikai gépek munkagépek csoportjába tartoznak. Az ilyen fajta szivattyúnak a járókerekére lapátok vannak felszerelve, ezek forgás hatására a folyadékra erőt fejtenek ki ezáltal a folyadék a tehetlenségi erő és a centrifugális erő hatására a ház külsője felé áramlik, ahonnan a csigaházba kerül. Ez a folyamat szívóoldali nyomáscsökkenést eredményez, ami biztosítja a folyadék folyamatos keringetését.

A szállított folyadék mennyiségétől, fizikai tulajdonságaitól és a szükséges nyomómagasságtól függ a járókerék kialakítása. Az iparban használnak radiális átömlésű járókereket, amit leggyakrabban nagy szállítómagasság esetén alkalmazható. Továbbá axiális átömlésű járókeret, ahol nagy a folyadékmennyiség és alacsony a szállítómagasság. Megkülönböztetünk még félaxiális átömlésű járókereket, amikor is kis- és közepes nyomással kívánjuk a szivattyút alkalmazni.

A szivattyú tengelyének meghajtását és folyamatos forgását egy aszinkron motor végzi. [3] [4]

2.2 Súrlódási veszteség

A folyadék és a csőfal között az áramlás során súrlódás lép fel, ez a folyadékban nyomásvesztésként jelenik meg. Egy rendszer minden elemében (szelepek, könyökök, csővezetékek) jelen van ez a jelenség. A gyakorlatban ennek meghatározására számítások végezhetőek vagy a gyártó a termék mellett feltünteti a súrlódási veszteség paramétereit. Fontos figyelembe venni ezt az értéket a szivattyú telepítésekor, ugyanis értéke jelentősen befolyásolja a nyomás szükségletét.

A veszteség számítása Bernoulli egyenlet segítségével történik, ha egy állandó sűrűségű közeg áramlik a csőben és az áramlás stacionárius (az idő függvényében nem változik a térfogatáram). A két pontban nem azonos a Bernoulli összeg, ugyanis súrlódás hatására az áramlás irányába csökken az össznyomás. Ekkor, az alábbi képlet alkalmazható:

$$\rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 > \rho \cdot \frac{v_2^2}{2} + p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2$$

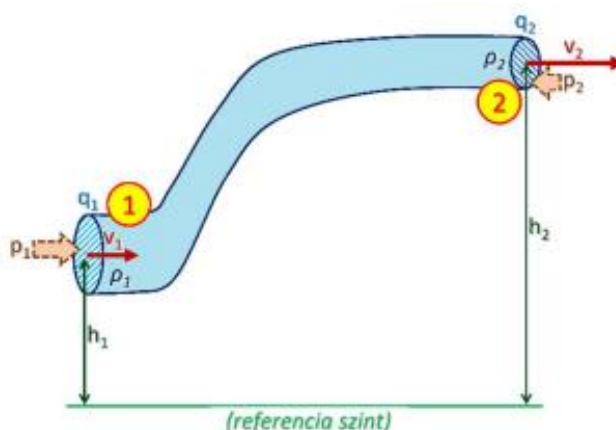
Ahol: ρ - a közeg sűrűsége [kg/m^3]

v - a cső adott keresztmetszetében vett átlagsebesség [m/s]

p - statikus nyomás [Pa]

g - földi nehézségi gyorsulás [m/s^2]

h - referenciaszinttől számított magasság [m]



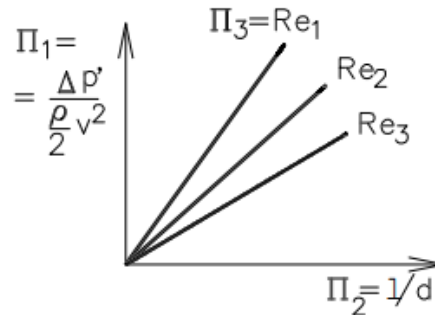
2. ábra Bernoulli-egyenlet ábrázolása [5]

Az egyenlőség elérése érdekében „az áramlás irányában távolabb levő pontra vonatkozó Bernoulli-összeget meg kell növelni a két pont közötti Bernoulli-összeg csökkenéssel, amit $\Delta p'$ -vel jelölünk és a súrlódási veszteségnek nevezünk”. [6] Így az egyenlőség a következő:

$$\rho \cdot \frac{v_1^2}{2} + p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 = \rho \cdot \frac{v_2^2}{2} + p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \Delta p'$$

Ezt az összefüggést veszteséges Bernoulli-egyenletnek nevezik.

Egy adott egyenes csőre való kísérletek elvégzésével megismerhető a csőben keletkező veszteségek függése különböző tényezőktől.



3. ábra A kísérlet eredménye [6]

A 3. ábra egy kísérlet eredményét szemlélteti, „ahol a $\Pi_2 = l/d$ vittünk fel különböző állandó $\Pi_3 = Re$ értéknél a $\Pi_1 = \frac{\Delta p'}{\frac{\rho}{2} \cdot v^2}$ mért értékeit” [6] A veszteség a csőhossz l/d értékével lineárisan növekszik. Ezért írható fel az alábbi képlet:

$$\frac{\Delta p'}{\frac{\rho}{2} \cdot v^2} = \lambda(Re) \cdot \frac{l}{d}$$

Ahol: λ - csősúrlódási tényező [-]

d - a cső belső keresztmetszete [m]

l - cső hossza [m]

A képletet átrendezve az egyenes cső vesztesége számítható:

$$\Delta p' = \frac{\rho}{2} \cdot v_1^2 \cdot \frac{l}{d} \cdot \lambda(Re)$$

A λ érték meghatározása a relatív csőérdesség és a Reynolds-szám segítségével történik a Moody-diagrammon. A relatív csőérdességet az anyagminőség ismeretében a gyártó által megadott csőérdesség és a cső belső keresztmetszete hányadosaként határozható meg:

$$r = \frac{\epsilon}{d} [mm]$$

Ahol: cső belső keresztmetszete: $d = 0,025 [mm]$

csőérdesség: ϵ [mm]

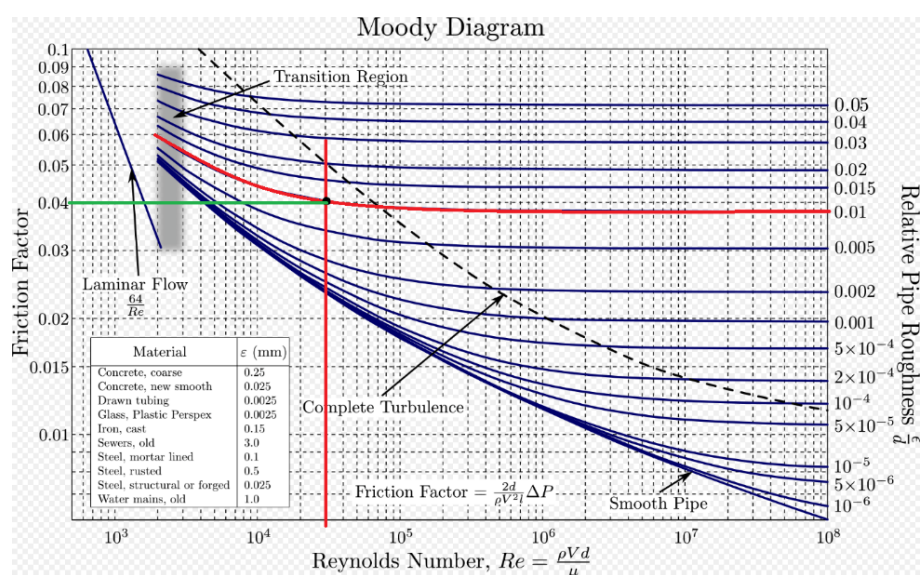
A Reynolds-szám az alábbi képlettel határozható meg:

$$Re = \frac{v_1 \cdot d}{\nu} [-]$$

Ahol: v_1 - közeg áramlási sebessége [m/s]

d - cső belső keresztmetszete [m]

ν - tej kinematikai viszkozitása [m²/s]



4. ábra Moody-diagram használata [7]

A két értékhez tartozó egyenes metszéspontjának bal oldalra való meghosszabbítása adja a λ értéket. [6]

2.3 Csővezetékek méretezése

A különböző berendezésekben elhelyezkedő szivattyúkat, tartályokat, hőcserélőket, mérő műszereket csővezetékek kötik össze. Az iparban csővezetékek méretezése elengedhetetlen a rendszer biztonságos üzemelése érdekében.

Hidraulikai méretezés során meghatározandó a cső belső átmérője. Az átmérő meghatározható az alapján, hogy a szállított termék milyen áramlási jellemzőkkel (halmazállapot, sűrűség, viszkozitás, nyomás, hőmérséklet) rendelkezik. Ennek meghatározásához a tömegáram definíciója szükséges:

$$Q = A \cdot v \cdot \rho = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v \cdot \rho \text{ [kg/s]}$$

Ahol: A - csővezeték áramlási keresztmetszete [m^2]

d - csővezeték belső átmérője [m]

v - közepes áramlási sebesség [m/s]

ρ - a közeg sűrűsége [kg/m^3]

Ugyanis ezt átrendezve számítható ki a cső belső átmérője:

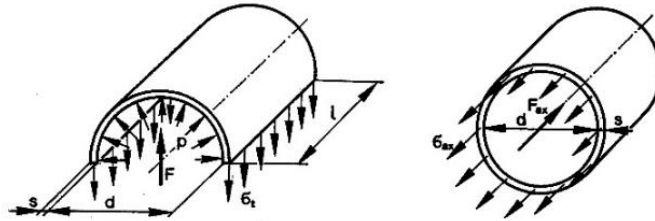
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \rho \cdot \pi}} \text{ [m]}$$

A közepes áramlási sebességét a szállított közeg fajtájának és minőségének megfelelően tapasztalati érték alapján választható.

1. táblázat Szállított közeg közepes sebessége [8]

Szállított közeg	Csővezetékek típusa	Közepes áramlási sebesség [m/s]
Víz	nyomóvezetékek	1,0-7,0
	vízművek hálózatai	0,6-3
	hűtővízrendszerek	0,6-2
Gőz	10 bar nyomásig	15-20
	10-40 bar nyomás között	20-40
	40 bar nyomás felett	40-70
Gáz	háztartási gázvezetékek	0,4-1
	gáztávvezetékek	25-60
	gázerőművi vezetékek	20-35
Levegő	sűrített levegő-hálózat	20-25
Olaj	távvezetékek (benzin, gázolaj)	1,5-5
	kenőolaj-vezetékek	0,5-1
	nehézolaj	0,5-1,5

A csővezetékek szilárdságtani méretezése során azok biztonságos falvastagságának meghatározása a cél. „Meghatározása során a közeg nyomását, a hőmérsékleti viszonyokat, illetve az egyéb környezeti hatásokat kell figyelembe venni.” [8] Feltételezzük, hogy a cső falvastagságában a feszültségeloszlás egyenletes.



5. ábra Csőben keletkező tangenciális és axiális feszültségek [8]

A feszültség az ábrán jól látható, hogy érintő irányt (tangenciális, σ_t) és tengelyirányt (axiális, σ_a) vesz fel.

Ezek meghatározása a kazánformula alkalmazásával történik:

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{p \cdot d \cdot l}{2 \cdot s \cdot l} = \frac{p \cdot d}{2 \cdot s}$$

Ahol: d - a cső belső keresztmetszete [mm]

s - a cső falvastagsága [mm]

l - a cső hossza [mm]

p - a belső túlnyomás [bar]

Falvastagság a képletből:

$$s = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma_m} + C \text{ [mm]}$$

Ahol: σ_t - a megengedett feszültség a cső falában [Mpa]

p - a belső túlnyomás [Mpa]

d - a cső belső keresztmetszete [mm]

C - gyártási pótlékok, korrózió, erózió tényező = 1mm

Az axiális feszültség csupán a fele a tangenciálisnak, ezt úgy lehet bebizonyítani, hogy feltételezzük a csővezeték lezárva két végénél ezáltal a belső nyomásból axiális F_a erő terheli a csövet:

$$F_a = p \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} [N]$$

A cső keresztmetszeten húzó igénybevétel hat:

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A} = \frac{p \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}}{d \cdot \pi \cdot s} = \frac{p \cdot d}{4 \cdot s}$$

Így a falvastagság:

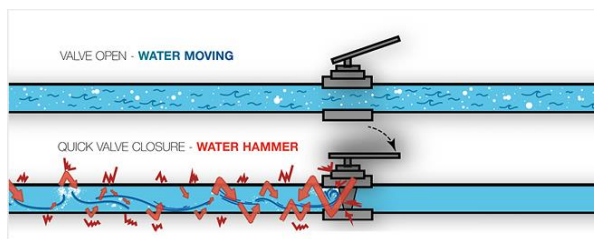
$$s = \frac{p \cdot d}{4 \cdot \sigma_m}$$

Ez az összefüggés jól mutatja, hogy a méretezést a biztonság érdekében mindig érintő irányú terhelésre kell elvégezni és abból az összefüggésből meghatározni a cső falvastagságát, ugyanis ez az érték kétszerese a tengelyirányúnak.

Az acél csöveknél a kapott értékhez egy úgynevezett pótlék értéket adnak meg (C) ami figyelembe veszi a korróziót és a gyártástechnológiai hatást. Ez az érték 1 mm. [8]

2.4 Folyadékütés

A folyadékütés egy a csőrendszerekben fellépő rendkívül veszélyes áramlási jelenség. A folyadék áramlási sebességének hirtelen megváltozása esetén (tolózár elzárása, szivattyú leállása) a közegben nyomáshullámok alakulnak ki. Ezek a nyomáshullámok az áramlással ellentétes irányba kezdenek el mozogni hangsebesség közeli sebességgel. A hullámok oda-vissza lengenek mindaddig ameddig a rendszer teljesen le nem csillapítja azokat. Ezek a nyomáshullámok általában jóval magasabbak, mint az üzemi nyomás, amely a csővezetékben zajt, vibrációt eseteként a csővezetékek vagy a hozzá kapcsolódó berendezések repedését, törését okozhatja. Ez a jelenség elkerülhető a rendszer következetes működtetésével, valamint úgynevezett csillapítások beszerelésével.



6. ábra Nyomáshullám kialakulása hirtelen zárás esetén [9]

A folyadékútés vizsgálatának mente a főidőhöz képesti zárási időtől függ. Ugyanis, ha a szelep zárási ideje nagyobb a főidőnél a merev folyadékoszlop elmélete használható, amely nem veszi figyelembe a folyadék összenyomhatóságát és a csőfal rugalmasságát. Ha a zárási idő kisebb a főidőnél a teljes analízist kell alkalmazni, ami figyelembe vesz minden tulajdonságot. [10]

A főidő az alábbi egyenlet alapján számítható:

$$T_f = \frac{2 \cdot L}{a_h} \text{ [s]}$$

Ahol: L - csővezeték hossza [m]

a_h - a hullám terjedési sebessége [m/s]

A hullám terjedési sebessége folyadékokban:

$$a_h = \sqrt{\frac{E_{red}}{\rho}}$$

Ahol: ρ - a folyadék sűrűsége [kg/m^3]

E_{red} - redukált rugalmassági modulus:

$$\frac{1}{E_{red}} = \frac{1}{E_{foly}} + \frac{D}{E_{fal} \cdot \delta}$$

Ahol: E_{foly} - a folyadék rugalmassági modulusa [Pa]

E_{fal} - a csőfal rugalmassági modulusa [Pa]

D - a cső átmérője [m]

δ - a cső falvastagsága [m]

Hirtelen zárás esetén ($t_{\text{zárás}} < T_f$) a következő képlettel számítható ki a vízütés okozta nyomásnövekedés:

$$\Delta p = \rho \cdot \Delta v \cdot a_h \text{ [Pa]}$$

Ahol: ρ - közeg sűrűsége [kg/m³]

Δv - a közeg áramlási sebességének változása [m/s]

a_h - a hullám terjedési sebessége [m/s]

Merev folyadékoszlop elmélete lassú zárás esetén ($t_{\text{zárás}} > T_f$):

$$F = m \cdot a = p \cdot A = \rho \cdot L \cdot A \frac{dv}{dt} \text{ [N]}$$

Innen konstans lassulást feltételezve számítható a nyomás:

$$p = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{t_{\text{zárás}}} \text{ [Pa]}$$

Ahol: F - erő [N]

m - folyadékoszlop tömege [kg]

a - gyorsulás [m/s²]

p - nyomásváltozás [Pa]

L - csőhossza [m]

ρ - közeg sűrűsége [kg/m³]

A - cső keresztmetszete [m²]

v - folyadék sebessége [m/s]

$t_{\text{zárás}}$ - zárási idő [s]

2.5 Szivattyú kiválasztása

Fontos, hogy megtaláljuk számunkra a leoptimalisabb szivattyút a kívánt feladat elvégzésére. Manapság rengeteg féle és fajta szivattyú közül van lehetőség válogatni ezért is elengedhetetlen tisztában lenni a felhasználási területével és az elérni kívánt paraméterekkel.

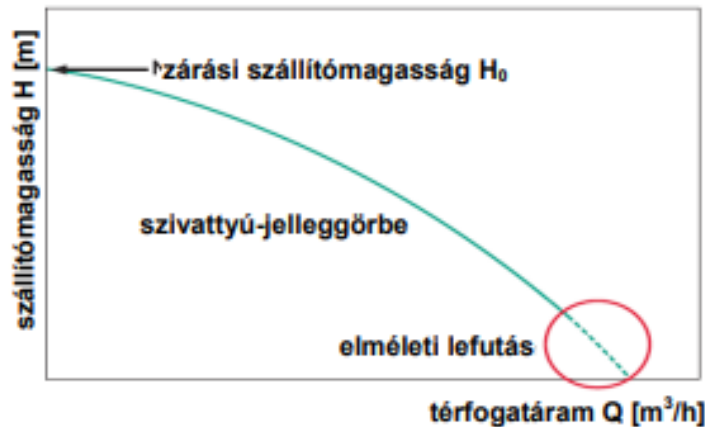
A kiválasztás során, vizsgálni kell a közeg viszkozitását, sűrűségét, pH értékét, és hőmérsékletét. Ezeket az adatokat táblázat segítségével határozhatóak meg, mint például a tej hozzávetőleges sűrűsége.

Néhány változó összetételű anyag körülbelüli sűrűsége

	$\frac{\rho}{\text{m}^3}$		$\frac{\rho}{\text{m}^3}$
Acél	7800...7850	Kerámiák	1600...3900
Agyag	1500...2700	Korom	1700...1800
Aszfalt	1050...1380	Mészkö	2000...2800
Bakelit	1335	Papír	700...1150
Bauxit	2600	Parafa	200... 500
Bazalt	2700...3200	Paraffin	800... 900
Barnaszén	1200...1500	Paraffinolaj	900...1000
Benzin	680... 740	Petróleum	800... 820
Beton	1800...2450	Porcelán	2200...2400
Cement	3100...3200	Ricinusolaj	960... 970
Csillám	2600...3200	Sárgaréz	8400...8600
Cukor	1600	Szén	1200...1700
Ebonit	1150...1500	Szürkeöntvény	7250
Ébenfa	1200	Tégla	1400...1600
Emberi test	1010...1070	Tej	1028...1032
Étolaj	910... 920	Tengervíz	1026
Fenyőfa	350... 600	Terpentinolaj	860
Faszén (tömörített)	1200	Transzformátorolaj	870
Föld (száraz)	1300...1600	Üvegflint	3600...4700
Gránit	2500...3000	Üveg (ablak)	2400...2670
Gumi (nyers)	900	Üveg (kvarc)	2200
Gumi (feldolgozva)	1000...2000	Üveg (ólom)	2600...4200
Homok (száraz)	1580...1650	Üveg (jénai)	2600
Homokkő	1900...2700	Vasbeton	2400
Hó (friss)	130	Világítógáz	500
Kenőolaj	890... 960	Zsír (sertés)	934... 938

7. ábra Különböző anyagok gyakorlati sűrűsége [11]

A szivattyú kiválasztása során fontos, hogy a megfelelő paraméterekkel rendelkezőt használjuk, amelyet a diagramon a munkapont meghatározásával érhetünk el. A gyártó jellemzően biztosít a szivattyúhoz egy úgynevezett jelleggörbét.



8. ábra Szivattyú jelleggörbe [1]

Ezen a jelleggörbén az ordinátán található a szivattyú nyomásnövekedése, amit szállítómagasságban fejezünk ki. „A szivattyú H szállítómagassága a szivattyúról a szállított folyadékra átadott hasznos mechanikai munka, a szállított folyadék súlyára vonatkoztatva, a helyi gravitációs gyorsulásnál” [1]

$$H = \frac{E}{G} [m]$$

Ahol: E - hasznos mechanikai energia [$N \cdot m$]

G - súlyerő [N]

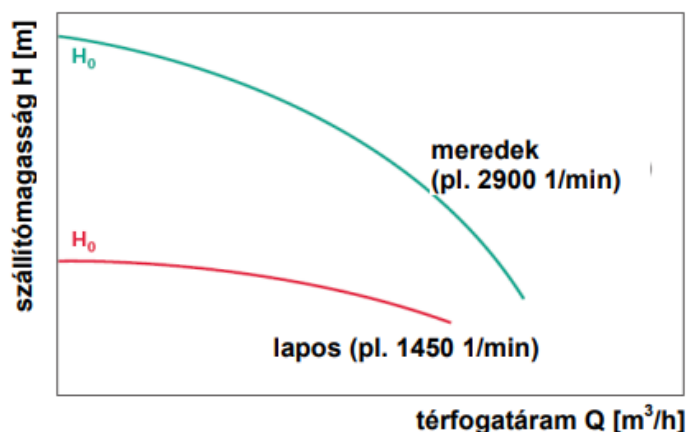
A „ H ” szállítómagasság méterben van jellemzően megadva ezt jól mutatja a 8. ábra, de skálázás mértékegysége lehet más is.

Ilyenkor az átváltás:

$$10m = 1bar = 100\,000 Pa = 100kPa$$

Az abszcisszán található a térfogatáram [Q] változása, amelyet általában köbméter per órában szoktak megadni, de a szivattyúknál a liter per percet is alkalmazzák.

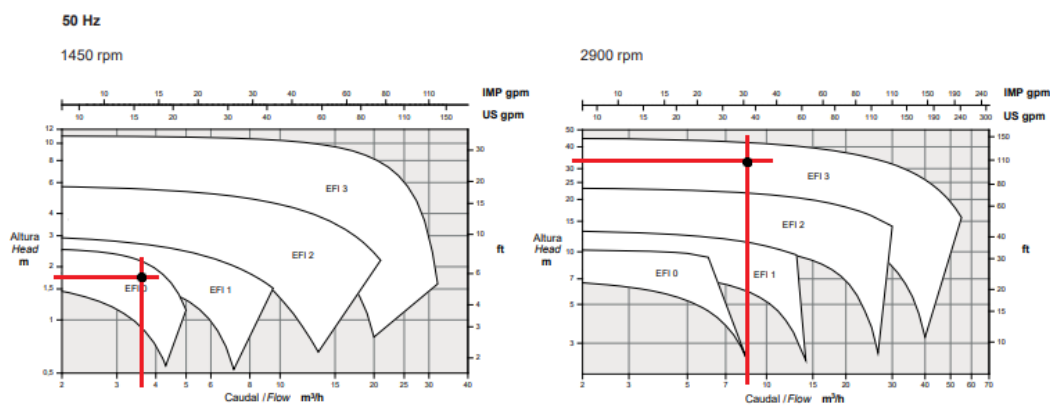
Ezeknek a jelleggörbéknek a meredekségük függ a szivattyú tengelyének fordulatszámától.



9. ábra Jelleggörbe meredeksége [1]

A kis fordulatszám ezáltal olyan jelleggörbét állít elő, ahol a nyomásváltozás alacsony ugyanakkor a térfogatáram változása nagy. Nagy fordulatszám esetén pont az ellenkezőjét szemlélteti a 9. ábra.

A jelleggörbe segítségével és annak ismeretében, hogy tudjuk mekkora térfogatáramra és nyomásra van szükségünk a berendezés pontos működéséhez meghatározható az ideális munkapont, amellyel a szivattyú típusának kiválasztása történí.



10. ábra Szivattyú kiválasztásának módszere [12]

A két diagrammon jól látható az, hogy a szivattyúk jelleggörbéire, ha rávetítünk egy egyenest az elérni kívánt értékekre azok metszik egymást, majd így pontosan meghatározható a szivattyú szükséges paramétere. [1] [12]

3 Tervezés előkészületei.

3.1 Szivattyú kiválasztása

A szivattyú kiválasztásának megkezdése előtt fontos volt körvonalazni a szivattyúval szembeni igényeket. A teljes berendezés tervezését a cégnél egy villamos mérnök és egy gépészmérnök kolléga végzi. A munka megkezdését megelőzően lényeges volt konzultálni velük arról, hogy melyek azok az elengedhetetlen szempontok, amelyekre szükséges figyelni a szivattyú kiválasztásakor. Az alábbi szempontok merültek fel:

- **A közeg fizikai jellemzőinek megfelelő** típus választása. Így a 2.1 bekezdésben már említett felhasználás területet figyelembe véve a számomra alkalmas típust az élelmiszeriparban gyakran használt szivattyúk között kerestem. Figyelembe véve a leggyakrabban használt típusokat:
 - membrános adagolószivattyú
 - dugattyús szivattyú
 - csavarorsós szivattyú
 - centrifugál szivattyú
 - stb.

Tanulmányozva a típusokat, a következő megállapításokra jutottam. Számomra a membrános adagolószivattyú nem megfelelő ugyanis a szállítást alacsony nyomáson végzi és a térfogatáram is csekély. A dugattyús szivattyú szintén nem megfelelő ugyanis a kis térfogatáramhoz ennél a fajtánál nagy nyomás társul amire nem volt szükségem a kiválasztáskor. A csavarorsós szivattyú nagy viszkózus anyagok szállítására alkalmas, viszont a berendezésem közege közel azonos a vízzel, így ez a fajta sem felelt volna meg. A centrifugál szivattyú kis nyomás mellett képes nagy térfogatáramot előállítani ezáltal nyilvánvalóvá vált számomra, hogy ez lesz a megfelelő. [13]

- **Megfelelő teljesítménnyel rendelkező** szivattyú kiválasztása. A megbeszéltek szerinti szükséges térfogatáramot és az emelési magasságot figyelembe véve a szivattyúk diagramjait használva a 2.5 pontban említettek szerint alkalmaztam. Rendszereztem a

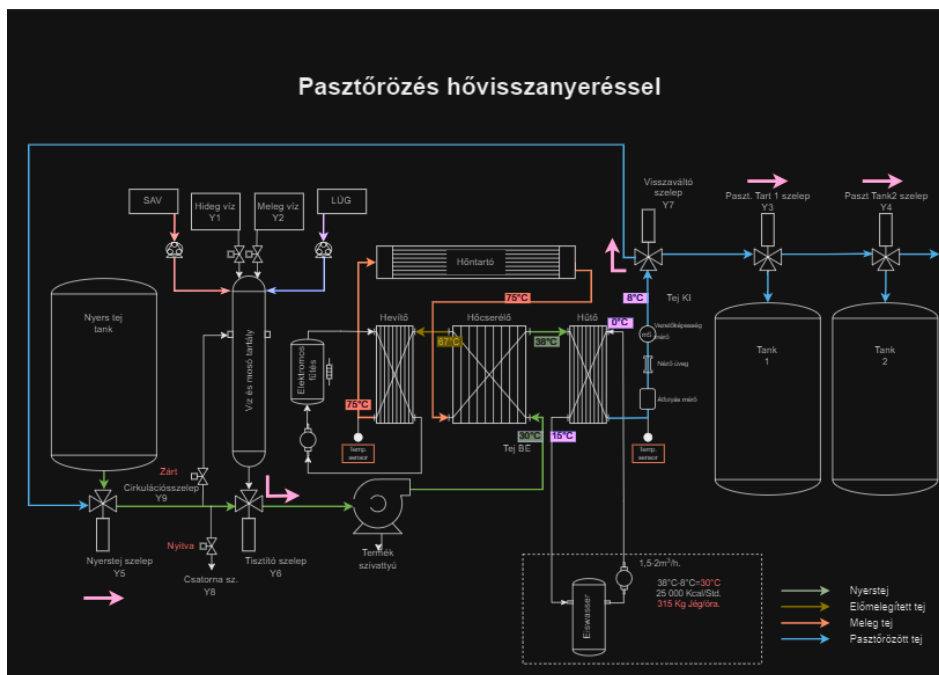
termékcsaládon belül melyek azok a típusok, amelyek számomra megfelelőek és képesek ezeknek az értékeknek a teljesítésére.

- A cég termékeinek megismerése a **megbízhatóságot** figyelembe véve. A Zootecnika Kft. a tapasztalatai alapján megbízhatóság érdekében berendezéseiben Wilo vagy Inoxpa által gyártott részegységeket és alkatrészeket szerelnek be. Az egyeztetés során fontos szempont volt számukra, hogy a választásom során az említett két cég szivattyúja valamelyikét használjam fel tervezésem során.
- A **szivattyú ára**, szintén fontos szerepet játszott a kiválasztás során, ugyanis a cégektől árajánlat kérés után összehasonlíthattam az általam kiválasztott termékeket. A kiválasztás során ügyeltem arra is, hogy a biztonsági tényezőt figyelembe véve a terméket ne méretezzem túl ugyanis az nagyban növelte volna a költségeket.

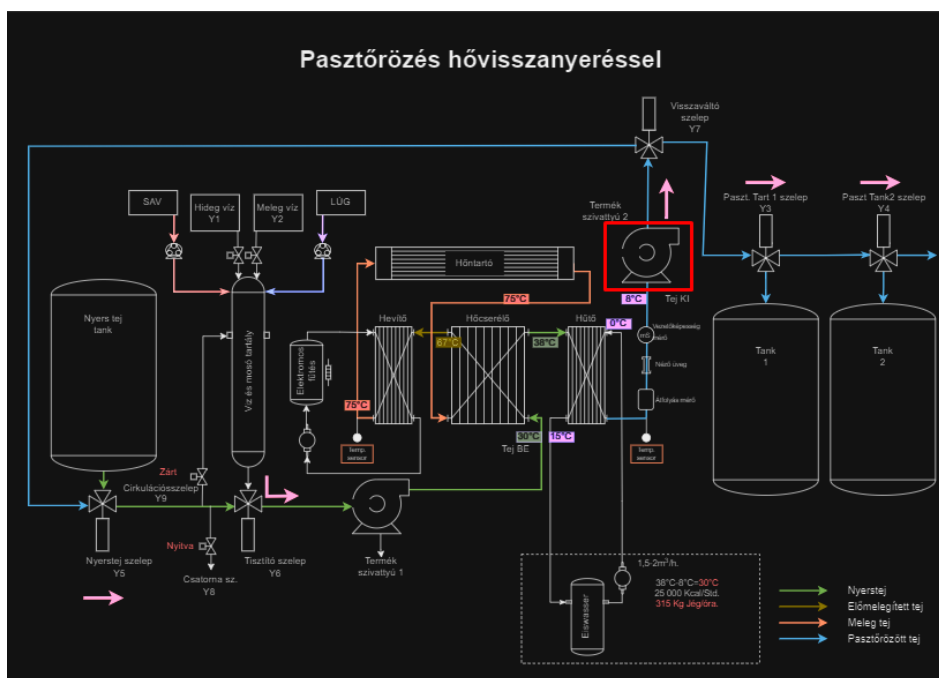
A szivattyú kiválasztása elengedhetetlen volt számomra első lépésként, ugyanis annak paramétereinek ismeretével tudtam elkezdni a későbbiekben a 3D-s modell létrehozását.

3.2 Meglévő berendezés 3D-s rekonstrukciója

A tervezés elkezdése előtt fontosnak tartottam a lemezes tej pasztöröző berendezés működésének és annak átalakításának a megismerését. Segítségemre volt ebben a cégnél alkalmazott gépészmérnök kolléga, akivel a gép működési elvét blokkdiagramm segítségével megértettem.



11. ábra Meglévő berendezés blokkvázlata



12. ábra Meglévő berendezés nyomásfokozó szivattyúval kiegészült blokkvázlata

Tervezésem során a Siemens Solid Edge Academic Edition 222.00.00. 132 x64-es 3D CAD tervezői szoftvert használtam, amelynek használatát tanulmányaim során sajátítottam el. A modellezés folyamata alatt a meglévő berendezés a rendelkezésemre állt, így az egyedi gyártású alkatrészek méreteinek feljegyzése a szükséges eszközökkel arról történt.

A berendezés megfelelő és automatikus működését különféle merő műszerek és szenzorok teszik lehetővé, ezeknek a 3D-s modelljét a gyártó oldaláról töltöttem le, valamint bizonyos esetekben a gyártóval e-mailen kommunikálva szereztem be azokat, hogy a későbbiekben elhelyezhessem a berendezésemben.

Modellezés során meghatároztam főbb lépéseket, ami alapján elindultam a rekonstrukcióban:

1. A berendezés zártszelvényből készült vázának elkészítése.
2. Rögzítési és kötési pontok meghatározása.
3. Ismert fix alkatrészek modelljének megalkotása és elhelyezése a vázszerkezeten.
4. Csőnyomvonal kialakítása.
5. Új szivattyú elhelyezése.
6. Berendezés véglegesítése.

A 3. pont elkészítése után a munkaadómmal arra a közös megegyezésre jutottunk, hogy a modellt már az általam továbbfejlesztett verzióban készítem el, ugyanis a későbbiekben ők csak ezt a változatot fogják értékesíteni mivel a nyomásfokozó szivattyú ága igény szerint ki és be szerelhető lesz.

A modell felhasználása a vállalat által a megrendelői igények tágabb kielégítésére szolgál, valamint a későbbi fejlesztéseknek lesz alappillére. A vevő a megrendelést követően a cégtől megkapja a berendezés rajzi dokumentációit ezáltal a tejpasztőröző beüzemeléséhez szükséges területet előtudja készíteni ezzel is hatékonyan lecsökkentve a termelés megkezdéséhez szükséges időt.


4 Megvalósítás

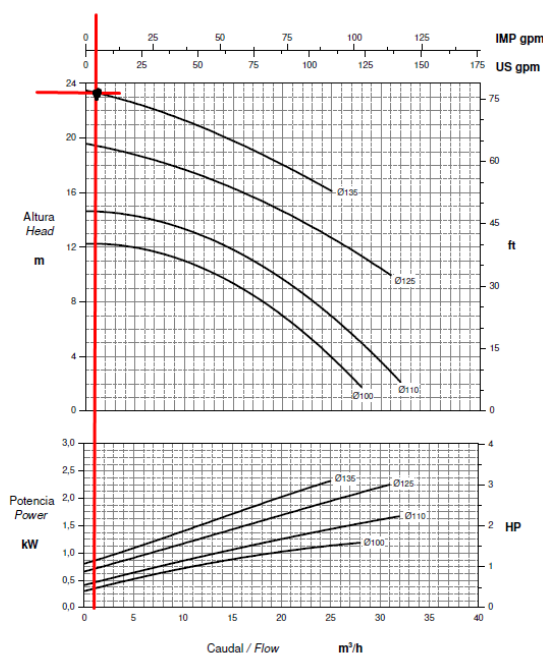
4.1 Szivattyú kiválasztásának szemléltetése

4.1.1 Régebbi berendezés működési paraméterei egy darab szivattyúval

A berendezés eddigiekben egy centrifugál szivattyúval működött. Ez a termék az Inoxpa nevű cégtől lett vásárolva, amelyet a cég teljesen egy meghajtó motorral forgalmaz. Ebben a termékcsaládban több szivattyú is szerepel, ebből került a korábbiakban kiválasztásra a $\varnothing 135$ mm átmérőjű szivattyú lapáttal szerelt EFI 2-es modell.

A berendezés szükséges térfogatárama a pasztörözési folyamatok során 800 l/h, viszont a korábbiakban említett automatikus tisztítási folyamatokhoz 1000 l/h térfogatáramra van szükség.

 CURVAS CARACTERÍSTICAS PUMP PERFORMANCE CHARACTERISTICS	Tipo de / Impeller Abierto / Opened	Ø Sock. asp. / Pump inlet 1 1/2"	Bomba / Pump ESTAMPINOX EFI 2
	Número de pases / Blade number 5	Ø Sock. Imp. / Pump outlet 1 1/2"	
Ø Max. tobole / Ø Max. Impeller 135 mm	Ø Min. tobole / Ø Min. Impeller 100 mm	Velocidad / Speed 2900 rpm	



13. ábra EFI2 szivattyú jelleggörbéje [12]

A jelleggörbéről leolvasható az, hogy a szivattyú a kívánt 1m³/h térfogatáramot 2900 1/min fordulatszám mellett és a maximális 23,2 méteres emelési magassággal képes előállítani. A 2.5 pontban bevezetett átváltásból megállapítható, hogy a berendezésünk 2,32 bar nyomás mellett képes a megfelelő üzemelésre. Ekkor a berendezés kimenetén a mérhető nyomás értéke hozzávetőlegesen 0 bar.

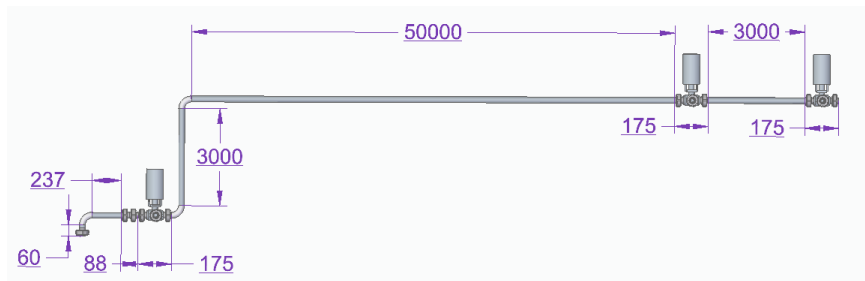
4.1.2 Új csőnyomvonalon keletkezett nyomásesés

A közeg áramlása során az egyes elemekben nyomásvesztés lép fel, amelyeket számításokkal és tapasztalati értékekkel határozhatóak meg.

Az újonnan kialakított nyomvonalon található:

- 53,3 méter vízszintes cső
- 3,06 méter függőleges cső

- 3 darab 90°-os cső könyök
- 3 darab pneumatikusan vezérelhető 3-útú golyóscsap



14. ábra Az újonnan kialakított csőnyomvonal paraméterei

Első lépésben a tartály beömlő magasság emeléséhez szükségem nyomást határoztam meg ugyanis tudtam, hogy az emelési magasság 3,06 méterre tehető, amihez szükséges megközelítőleg $p_e = 0,306$ bar nyomás.

Végezetül a csősúrlódás veszteségét határoztam meg. A cső hosszának értéke tartalmazza a 3 darab könyököt, ugyanis a tapasztalatok szerint számolhatunk minden irányváltást 1 méter egyenes csőhossznak. Valamint a 3 darab golyós csap paraméterei is szerepelnek benne, mert nyitott állapotban a csap belső átmérője megegyezik a cső belső átmérőjével, így nem alakul ki speciális súrlódás. Ennek számítására az alábbi képletet alkalmaztam:

$$\frac{\Delta p'}{\frac{\rho}{2} \cdot v} = \lambda (Re) \frac{l}{d}$$

Az összefüggés megoldásához szükséges összes változó ismert volt számomra kivéve a λ -cső súrlódási tényezőt. Ehhez először is szükségem volt a Reynolds-szám kiszámítására:

$$Re = \frac{v_1 \cdot d}{\nu} = \frac{0,57 \cdot 0,025}{1,13 \cdot 10^{-6}} = 12610 [-]$$

Alap adatok: közeg áramlási sebessége: $v_1 = 0,57$ [m/s]

cső belső keresztmetszete: $d = 0,025$ [m]

tej kinematikai viszkozitása: $\nu = 1,13 \cdot 10^{-6}$ [m²/s]

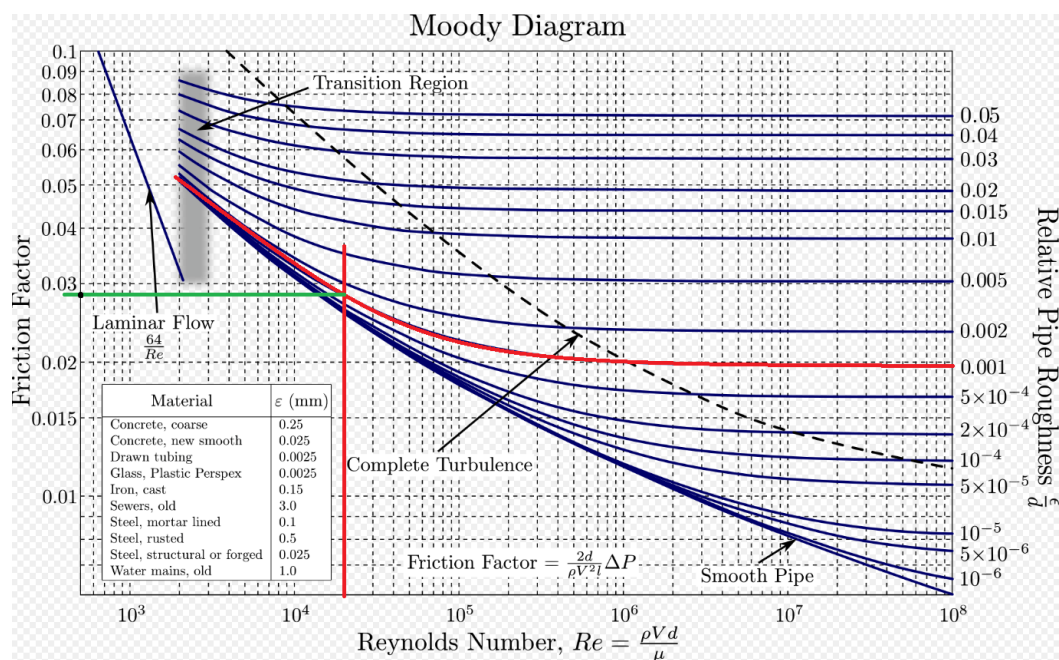
Csősúrlódási tényezőjének meghatározása:

Alap adatok: Reynolds-szám: $Re = 1,2 \cdot 10^4 [-]$

cső belső keresztmetszete: $d = 0,025 [mm]$

csőérdesség: $\epsilon = 0,025 [mm]$ [15.ábra]

relatív csőérdesség: $r = \frac{\epsilon}{d} = \frac{0,025}{25} = 0,001 [mm]$



15. ábra Moody- diagram [7]

Az ábráról leolvasható, hogy $\lambda = 0,029 [-]$

A fenti tapasztalati összefüggés átrendezve adja meg az egyenes cső veszteség értékét:

$$\Delta p' = \frac{\rho}{2} \cdot v_1^2 \cdot \frac{l}{d} \cdot \lambda(Re) = \frac{1028}{2} \cdot 0,57^2 \cdot \frac{59,910}{0,025} \cdot 0,029 = 11605 [Pa]$$

$$\approx 0,12 [bar]$$

Ezeket összegezve adódott számomra a tartályba szállításhoz szükséges többlet nyomás igény:

$$p_{\text{ö}} = \Delta p' + p_e = 0,12 + 0,306 = 0,426 [bar]$$

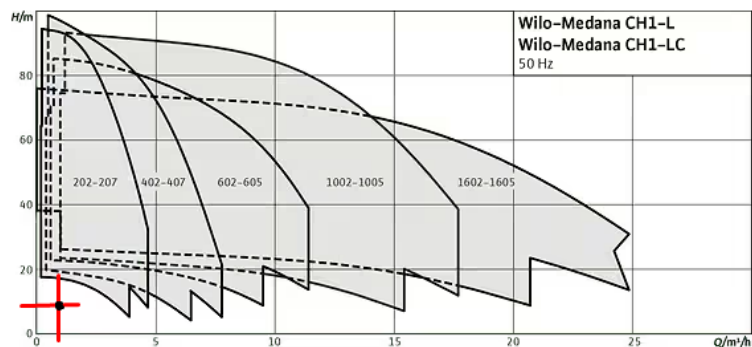
4.1.3 Nyomásfokozó szivattyú kiválasztása

A 13. ábrán látható, hogy a berendezés megfelelő működéséhez szükséges $1 \text{ m}^3/\text{h}$ térfogatáramot nem képes kiszolgálni az előzőekben kiszámolt megemelkedett nyomásigényt, ezért döntöttünk a nyomásfokozó szivattyú berendezésbe való beszerelése mellett. A nyomásfokozó szivattyú munkapontját 1 bar nyomással és $1 \text{ m}^3/\text{h}$ térfogatúammal határoztam meg, ugyanis a számításaim után a céggel egyeztetve arra jutottunk, hogy minimum ekkora nyomással rendelkezzen a nyomásfokozó szivattyú a későbbiekben felmerülő hasonló problémák leküzdése érdekében.

3.1 pontban említett két szivattyúkat forgalmazó cég oldalán kezdtem kutatásomat a számomra megfelelő szivattyú kiválasztásához. Mind a két oldalon kiválogattam a centrifugális szivattyúkat. Ezek követően a gyártók által elérhetővé tett dokumentumokat vettem figyelembe. A szivattyúk ajánlott felhasználási területei minden termékcsaládnál fel vannak tüntetve. Majd kizártam a gyógyszeriparra és a szépségiparra ajánlott termékeket, így mind a két cégnél csak egy termékcsalád vált számomra használhatóvá.

A pontos típus kiválasztása jelleggörbe segítségével:

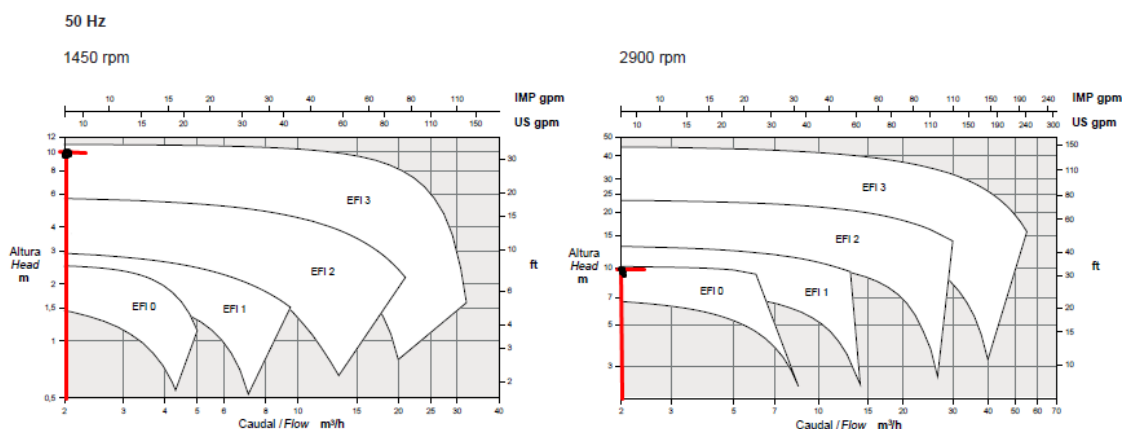
Wilo CH1-L termékcsalád vizsgálata:



16. ábra Wilo CH1-L termékcsalád jelleggörbéi [14]

Jól látható a munkapont felvétele után, hogy ezen termékcsaládon belül az egyes típusok csak nagyon rossz működési határfok mellett lennének számomra megfelelőek. így ezeket a későbbiekben kizártam.

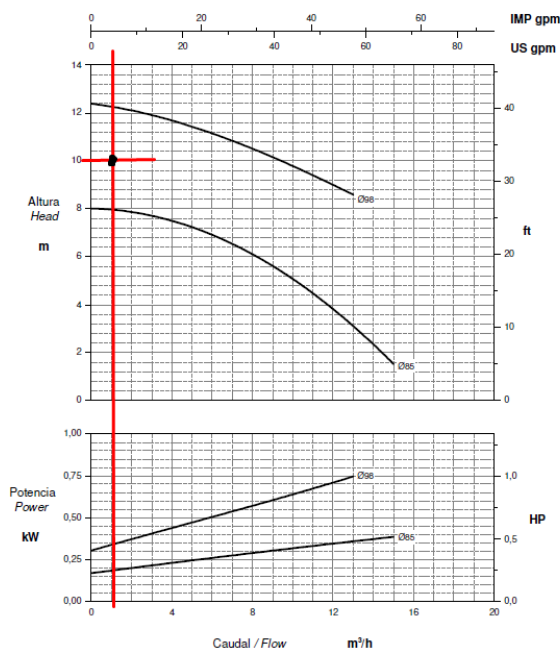
Inoxpa EFI termékcsalád vizsgálata:



17. ábra Inoxpa EFI termékcsalád jelleggörbéi [12]

Két különböző fordulatszámon is működtethetőek a szivattyúk. A kisebb fordulatszámhoz tartozó jelleggörbéről az olvasható le, hogy a termékcsaládon belül a megfelelő választás az EFI 3-as legnagyobb szivattyú lenne. Mindemellett a másik jelleggörbéről pedig az, hogy az EFI 1-es választása is elegendő. Gazdasági szempontból, így a választásom az EFI 1-es típusra esett.

Inoxpa EFI 1 paramétereinek vizsgálata:



18. ábra Inoxpa EFI 1 szivattyú jelleggörbéje [12]

Az EFI 1-es szivattyút két járókerékkel forgalmazzák: $\varnothing 85 \text{ mm}$ és $\varnothing 98 \text{ mm}$. A munkapontom a kisebb járókerékkel rendelkező szivattyú jelleggörbáját meghaladja, így számomra csak a nagyobb volt megfelelő. A munkapont nem teljesen helyezkedik el a jelleggörbén, a nagyobb térfogatáram kiküszöbölése érdekében a céggel egyeztetve a szivattyú után egy fojtást helyeztünk el a rendszerben, aminek köszönhetően a térfogatára $1 \text{ m}^3/\text{h}$ lett. A szivattyú ezzel a térfogatárammal $1,23 \text{ bar}$ nyomást állít elő.

4.2 A modellezés folyamata.

A tervezési folyamatok és a berendezés építése párhuzamosan történt, ennek érdekében fontos volt a modellezés lépéseinek pontos meghatározása és a folyamatos konzultáció a kollégákkal.

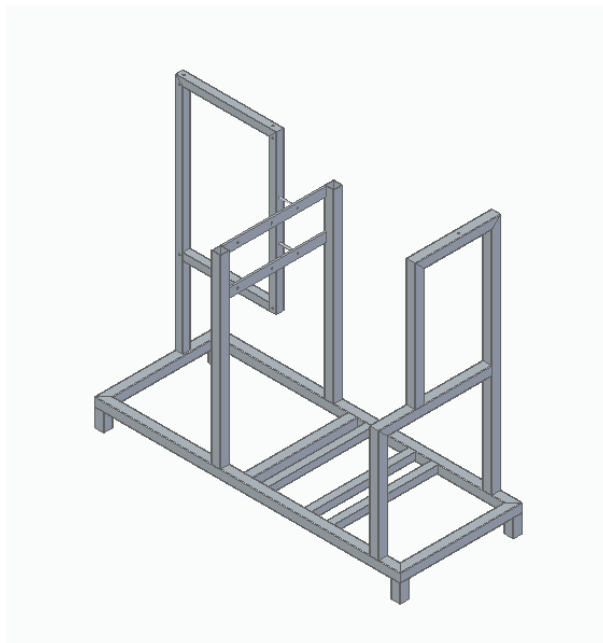
4.2.1 Vázkeret kialakítása

A kész berendezésnek vázkerete zártszelvényből áll össze. Ezt az elemet gyakran használják az építőiparban és gépészetben, ugyanis könnyű szerkezete mellett teherbírása tartós, valamint a kialakításának köszönhetően a munkafolyamatok is egyszerűek vele. Számomra a tervezés során régebbi berendezések szolgáltak alapul, ez alapján a modellezés megalkotása során használt zártszelvény méretei $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$, $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$, $20 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ voltak.



19. ábra Kiinduló régi berendezés

Ezeket a változó mérettel rendelkező alkatrészeket (az úgynevezett part-ot) a 3.2 pontban említett programban alkottam meg. Az összes szükséges alkatrész elkészítése után a szerelési környezetben azokat összeállítottam a kívánt paramétereket felhasználva.



20. ábra Vázkeret 3D-s modellje.

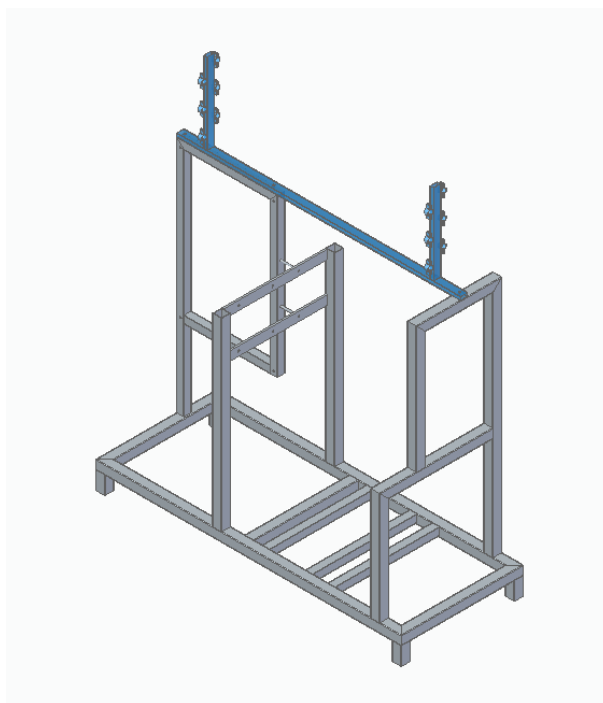
4.2.2 Rögzítési és kötési pontok kialakítása

Következő lépésként a vázkereten a csőrendszerek és az alkatrészek rögzítésére szolgáló kötőelemek elhelyezését választottam. Ismertek voltak a tejpasztőröző berendezésnek azon alkatrészei, amin nem változtathattam, mint például:

- hőtartó csőrendszer
- hőcserélő lemezek
- tisztításhoz szükséges berendezések
- elektronikai vezérlő doboz
- kiegyenlítő tartály
- mágnes szelepek
- stb.

A felsorolt alkatrészek többsége furatokkal van rögzítve, ilyen módon a berendezésről vett méretek ismeretében a programba épített parancs használatával elhelyeztem azokat.

Továbbá a csővezetékek és szivattyú rögzítésére szolgáló bilincsek és hernyócsavarok is modellezésre majd elhelyezésre kerültek.



21. ábra Vázkeret a rögzítési és kötési pontok kialakítása után

4.2.3 Alkatrészek kutatása és szerelése

Munkám során sok időt töltöttem az egyes alkatrészek CAD modelljének keresésével. Manapság a gyártók biztosítanak lehetőséget a 3D-s termék katalógus letöltésre akár saját honlapjukon keresztül, vagy esetleg egy alkatrész megosztó portálon, ilyen oldal például a TraceParts [15]. Bizonyos esetekben nem publikusak a modellek a cégek és termékek védelme érdekében, egyes esetekben pedig nem készült még modell az alkatrészről. Ennek köszönhetően a berendezésben alkalmazott alkatrészeket nagy többségben saját magam modelleztem.

Letöltés útján beszerezett:

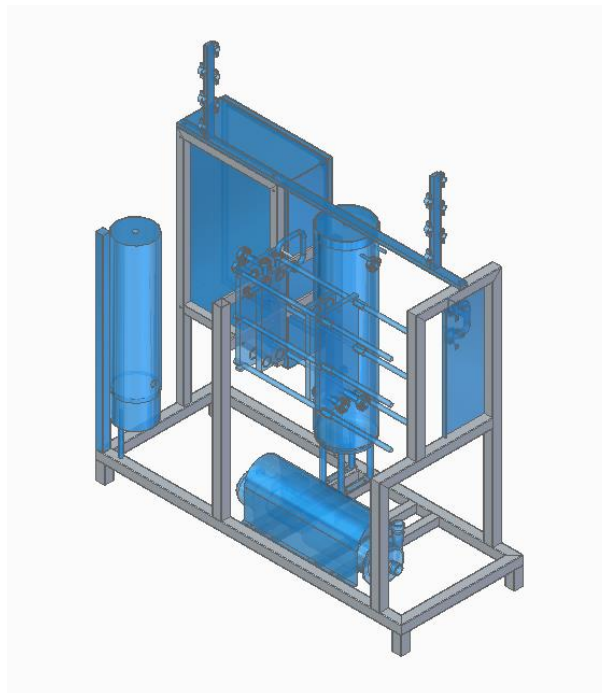
- három utas gömb csap
- áramlás mérő szenzor
- szivattyúk
- biztonsági szelepek

- nyomásmérő óra
- stb.

CAD modell kialakítása:

- lesőcső
- könyök
- szűkítők
- szivattyú burkolat
- tartályok
- bilincsek
- stb.

A konzultáció során a megbeszélte alkatrészeket elhelyeztem az előzőekben kialakított rögzítési pontok segítségével. Valamint az összegyűjtött alkatrészeket és kötő elemeket mappába rendeztem a későbbi felhasználás érdekében.



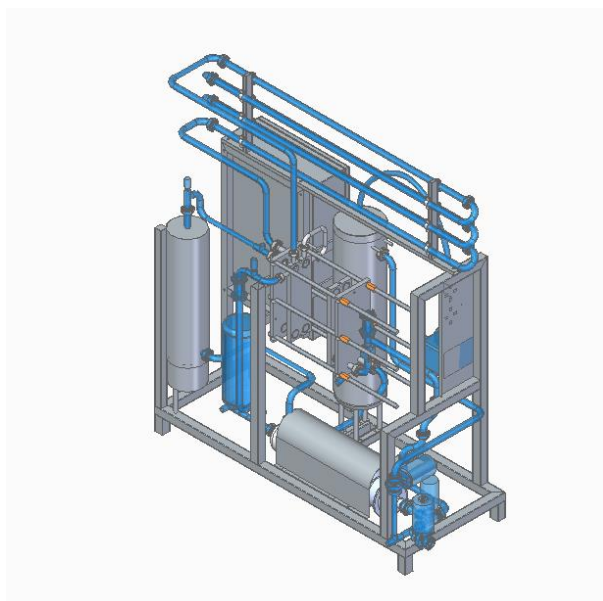
22. ábra Modell a meglévő berendezésekkel

4.2.4 Csőrendszer kialakítása

A csőnyomvonalainak tervezéséhez a Solid Edge program rendelkezik egy belső kiegészítő szolgáltatással. Ebben 3D-s vázlat készítésével megrajzolhatóvá válik a

nyomvonal két összekötni kívánt pont között. A cső paramétereinek beállításával a program automatikusan elkészíti a csővezetékeket. Sajnos számomra ez a bővítmény nem volt elérhető a diák verzióban, így ezt az elérhető parancsokkal kellett megoldanom.

A blokkdiagrammot és a meglévő berendezést vettem figyelembe. Ezeknek segítségével kiválasztottam két összekötni kívánt pontot majd az előre lemodellezett csöveket és kötőelemeket, valamint speciális alkatrészeket a szerelési környezetében elkezdtem kialakítani úgy, hogy ne keletkezzenek átfedések az alkatrészek között.

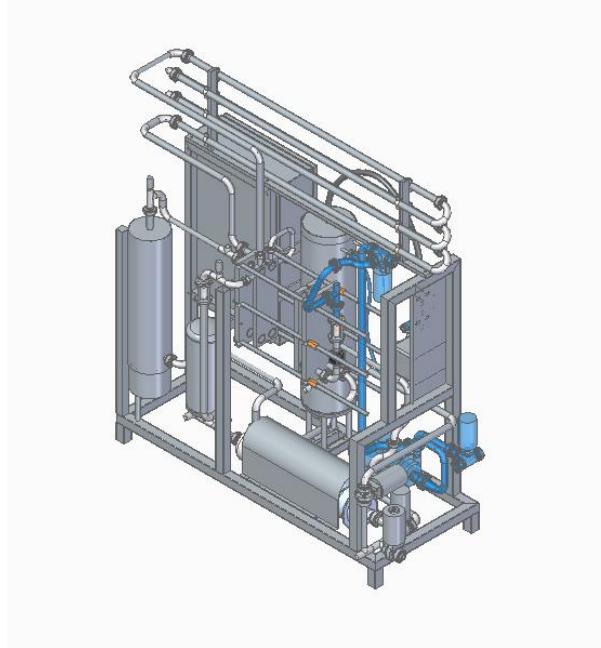


23. ábra Nyomásfokozó szivattyú előtti rendszer modellje

4.2.5 Nyomásfokozó szivattyú pozícionálása

Végző feladat a modellezésem során a kiválasztott szivattyú elhelyezése és annak rendszerbe való bekötése volt. Az Inoxpa biztosít a vevőinek CAD modellt a szivattyúkról. A számomra szükséges EFI 1 típusú modell letöltése után, importáltam azt a szerelői környezetbe. Ennek segítségével észrevehetővé vált számomra, hogy szinte csak egy helyre fogom tudni elhelyezni. Pozícionálása után a rögzítéshez szükséges furatok is kialakításra kerültek.

A végző csőnyomvonalakat az előző bekezdésben említett módon szintén kialakítottam. Ezzel a végző lépéssel teljessé vált az átalakított berendezés 3D-s modellje.



24. ábra Teljes berendezés

5 Ellenőrző számítások

5.1 Folyadékút

Redukált rugalmassági modulus:

$$\frac{1}{E_{red}} = \frac{1}{E_{foly}} + \frac{d}{E_{fal} \cdot \delta} = \frac{1}{2 \cdot 10^7} + \frac{0,0265}{2,03 \cdot 10^{11} \cdot 0,0015} = 5,008 \cdot 10^{-8} [Pa]$$

Alap adatok: folyadék rugalmassági modulusa: $E_{foly} = 2 \cdot 10^7 [Pa]$

csőfal rugalmassági modulusa: $E_{fal} = 2,03 \cdot 10^{11} [Pa]$

cső falvastagsága: $\delta = 0,0015 [m]$

cső átmérője: $d = 0,0265 [m]$

A redukált rugalmassági modulus: $E_{red} = \frac{1}{E_{red}} = \frac{1}{5,008 \cdot 10^{-8}} = 19968051,12 [Pa]$

Hullám terjedési sebessége tejben:

$$a_h = \sqrt{\frac{E_{red}}{\rho}} = \sqrt{\frac{19968051,12}{1028}} = 139,371 [m/s]$$

Alap adatok: folyadék sűrűsége: $\rho = 1028 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

redukált rugalmassági modulus: $E_{red} = 19965249,32 \text{ [Pa]}$

Főidő kiszámítása:

$$T_f = \frac{2 \cdot L}{a_h} = \frac{2 \cdot 59,910}{139,371} = 0,86 \text{ [s]}$$

Alap adatok: csővezeték hossza: $L = 59,910 \text{ [m]}$

hullám terjedési sebessége a közegben: $a_h = 139,371 \text{ [m/s]}$

Mivel a gyártó által megadott zárási idő a csapnak 1 s. A megadott zárási sebesség a főidőnél nagyobb ezáltal a merev folyadék oszlop képlete alapján számítható ki a nyomás növekedése:

$$p = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{t_{zárás}} = \frac{1028 \cdot 0,57 \cdot 59,910}{1} = 35104,86 \text{ [Pa]}$$

Alap adatok: folyadék sebessége: $v = 0,57 \text{ [m/s]}$

csővezeték hossza: $L = 59,910 \text{ [m]}$

folyadék sűrűsége: $\rho = 1028 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

zárási idő: $t_{zárás} = 1 \text{ [s]}$

A nyomásnövekedést a folyadékütés hatására 0,35 bar.

5.2 Cső paramétereinek ellenőrzése

Csővezeték legkisebb keresztmetszete:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \rho \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2695}{0,57 \cdot 1028 \cdot \pi}} = 0,0242 \text{ [m]}$$

Alap adatok: szállított közeg tömegárama: $Q = 0,2695 \text{ [kg/s]}$

közepes áramlási sebesség: $v = 0,57 \text{ [m/s]}$

közeg sűrűsége: $\rho = 1028 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

A számításból kapott $24,2 [mm] < 25 [mm]$, így a választott keresztmetszet a berendezésben megfelel.

A berendezésben MSZ EN 10088-1:2015 [16] szabványszámú csővezetéseket használtak, amelynek a folyáshatárát a gyártó által megadott táblázatból származtattam. Ez az érték $R_{p0,2} \geq 190 \text{ Mpa}$ [17]

Nyomásfokozó szivattyú után a legveszélyesebb esetben $1,25 \text{ bar}$ nyomás keletkezik a csővezetékben $0 \text{ m}^3/\text{s}$ térfogatáram mellett záráskor. Ehhez hozzáadódik még az 5.1 pontban számolt folyadékütés hatására kialakult $0,35 \text{ bar}$ nyomásnövekedés.

Cső falvastagsága kazán formula használatával:

$$s = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma_m} + C = \frac{0,16 \cdot 25}{2 \cdot 190} + 1 = 1,0105 [mm]$$

Alap adatok: belső túlnyomás: $p = 0,16 [Mpa]$

cső belső keresztmetszete: $d = 25 [mm]$

megengedett feszültség a cső falában: $\sigma_m = 190 [Mpa]$

gyártási pótlékok, korrózió, erózió tényező: $C = 1 [mm]$

A választott $1,5 \text{ mm}$ falvastagság a számítások alapján megfelel még a legveszélyesebb kialakult állapotban is.

6 Gazdasági számítás

6.1 Bekerülési érték változása

A bekezdésben összegzésre kerül az adott berendezés fejlesztése következtében fellépő várható bekerülési érték növekedés.

Fejlesztés során felhasznált alkatrészek és azok bekerülési értékei:

2. táblázat Alkatrészek árai egységekre lebontva és összegezve

Megnevezés	Tételszám [darab]	Egységár [Euró]	Összesen [Euró]
Inoxpa EFI I szivattyú (Ø95 járókerék) + 5,5kW motor	1	1499	1499
Rozsdamentes, saválló csiszolt acél cső Ø25 AISI 304 (1m)	60	9,5	570
Rozsdamentes, saválló csiszolt acél cső ív Ø25 AISI 304	7	4,95	34,65
Élelmiszerbiztonságos pneumatikus golyóscsap Ø25	3	149	447
Menetesvég DN25 AISI 304	24	4,73	113,52
Kúposvég DN25 AISI 304	24	4,1	98,4
Hollandi anya DN25 AISI 304	24	4,9	117,6
Hollander tömítés DN25 NBR	24	0,3	7,2
Fischer GS 79753 hernyócsavar M8 60mm acél	4	0,35	1,4
Szorító alátét 8mm 18mm acél	4	0,18	0,72
OBO Bettermann DIN934 M8 F 3400352 Hatlap anya 8 mm Acél	4	0,94	3,76
Összesen:			2893,25

Az alkatrészek költségei mellett a munka díja is számításra került. A berendezés fejlesztését követő összeszerelését a munkáltató által foglalkoztatott kolléga végezte el, az ő bérezése 105 Eur/nap. A nyomásfokozó szereléséhez 7 munkanapra volt szüksége, így a költsége ennek:

$$105 \frac{\text{Eur}}{\text{nap}} \cdot 7 \text{ nap} = 735 \text{ Eur}$$

Az automatizált berendezés bekerülési értéke a fejlesztés előtt 33 950 *Eur* volt. Az előzőekben meghatározott árak következtében a bekerülési érték a következőképpen változott a fejlesztés után:

$$33\,950\, \text{Eur} + 2893,25\, \text{Eur} + 735\, \text{Eur} = 37\,578,25\, \text{Eur}$$

6.2 A fejlesztés költsége és előnyei

A fejlesztés elkészítésének költsége került kiszámításra a következőkben. A projekt tervezése és elkészítése számomra 52 munkaórát vett igénybe, a munkadíjam 9,5 *Eur/óra* volt a cégnél így ez a költség:

$$9,5 \frac{\text{Eur}}{\text{óra}} \cdot 52\, \text{óra} = 494\, \text{Eur}$$

A technológiai fejlesztés a vállalkozás számára vevőkörüi növekedést jelentett. Ugyanis több tejfeldolgozással foglalkozó cég nem rendelkezett kész megoldással az üzemi környezet szűkösségé miatt a tej közvetlen berendezés melletti puffereelésére.

A berendezésről készült rajzi dokumentációk továbbá lehetővé tették az adatszolgáltatást a megrendelők felé. A dokumentációk segítségével a vevőnek lehetősége nyílt a berendezés működéséhez szüksége kiállításokat előre kialakítani. Így a beüzemeléshez szükséges idő 1/3-ra csökkent. A berendezés beüzemelését két kolléga végzi, számukra biztosítva van a teljes napi ellátás, közlekedés a beüzemelés helyszínén. Az idő csökkenésének következtében a cég számára ezek a költségek is 1/3-ra csökkentek.

7 Összefoglaló

Szakedolgozatom célja egy meglévő tejpasztöröző berendezés háromdimenziós modelljének megalkotása, továbbfejlesztése volt. A berendezés fejlesztésének legfőbb oka az volt, hogy a pasztörözés után a végterméket csak kis távolságra volt képes mozgatni a meglévő szivattyúval. Ez sok esetben a megrendelők számára nem volt elegendő ugyanis a pufferelési tartályok 50 méteren vagy ennél is nagyobb távolságra helyezkedtek el a beszerelés helyétől. A berendezés átalakításával a későbbiekben a megbízó cég megoldást nyújtott minden igény kielégítésére. Ezt követően a berendezésen csak minimális átalakításra volt szükség.

A probléma megoldását számomra egy nyomásfokozó szivattyú rendszerbe való beszerelése jelentette. A szivattyú típusának végső meghatározásához szükségem volt a megnövekedett csőnyomvonalon keletkezett többletnyomás szükséglet meghatározására. Ezeket áramlástanai számításokkal, valamint a cég által használt alkatrészek katalógusa segítségével definiáltam. A számított paraméterek segítségével és a forgalmazó cég igényeit figyelembe véve kiválasztottam az új szivattyút.

A tejpasztöröző CAD modelljének megalkotását a Solid Edge nevű programban készítettem el, amelynek diák verziója ingyenesen volt elérhető számomra. Bemutatásra kerültek dolgozatomban a modell megalkotásának főbb lépései.

Munkám kezdete során segítségemre voltak a meglévő berendezés korábbi dokumentációi, ugyanakkor a végleges tervezés során fő szempont volt az új szivattyú pozicionálása és a szükséges összeköttetések megfelelő kialakítása. Szerelhetőség érdekében igyekeztem a nyomásfokozó szivattyút és a csatlakozásait úgy elhelyezni, hogy az könnyedén kivehető legyen a berendezésből szükség esetén.

A berendezés zavartalan működése érdekében számításokat végeztem a csőre és egy a berendezésben esetlegesen felmerülő problémára a folyadékútásra.

A gazdasági számítások során kiszámítottam a fejlesztés értékét, valamint az ennek következtében megnövekedett berendezés bekerülési értékét. Kifejtettem továbbá a fejlesztéssel járó előnyöket.

8 Summary

The aim of my thesis was to create a three-dimensional model of an existing milk pasteurization device and further develop it. The primary reason for improving the device was that after pasteurization, the final product could only be moved a short distance with the existing pump. In many cases, this was insufficient for the customers because the buffer tanks were located at 50 meters or even further from the installation site. By modifying the device, the contracting company provided a solution for meeting all requirements in the future. Afterward, only minimal modifications were needed on the device.

For me, the solution to the problem was the installation of a booster pump system. To determine the final pump type, I needed to calculate the additional pressure requirement on the expanded pipe network. I defined these with fluid dynamics calculations and using the catalogue of components used by the company. With the calculated parameters and considering the distributor's requirements, I selected the new pump.

The CAD model of the milk pasteurizer was created in the Solid Edge software, which was available to me in a student version for free. In my thesis, I presented the main steps in creating the model.

At the beginning of my work, I had access to the previous documentation of the existing device, but during the final design, the focus was on positioning the new pump and designing the necessary connections appropriately. To ensure ease of assembly, I tried to place the booster pump and its connections in a way that it could be easily removed from the device if necessary.

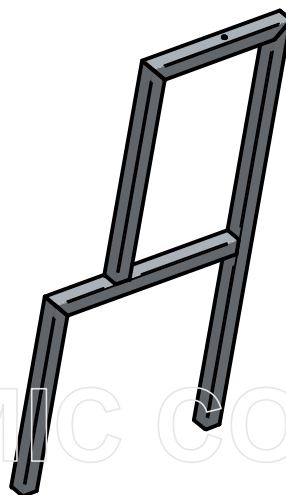
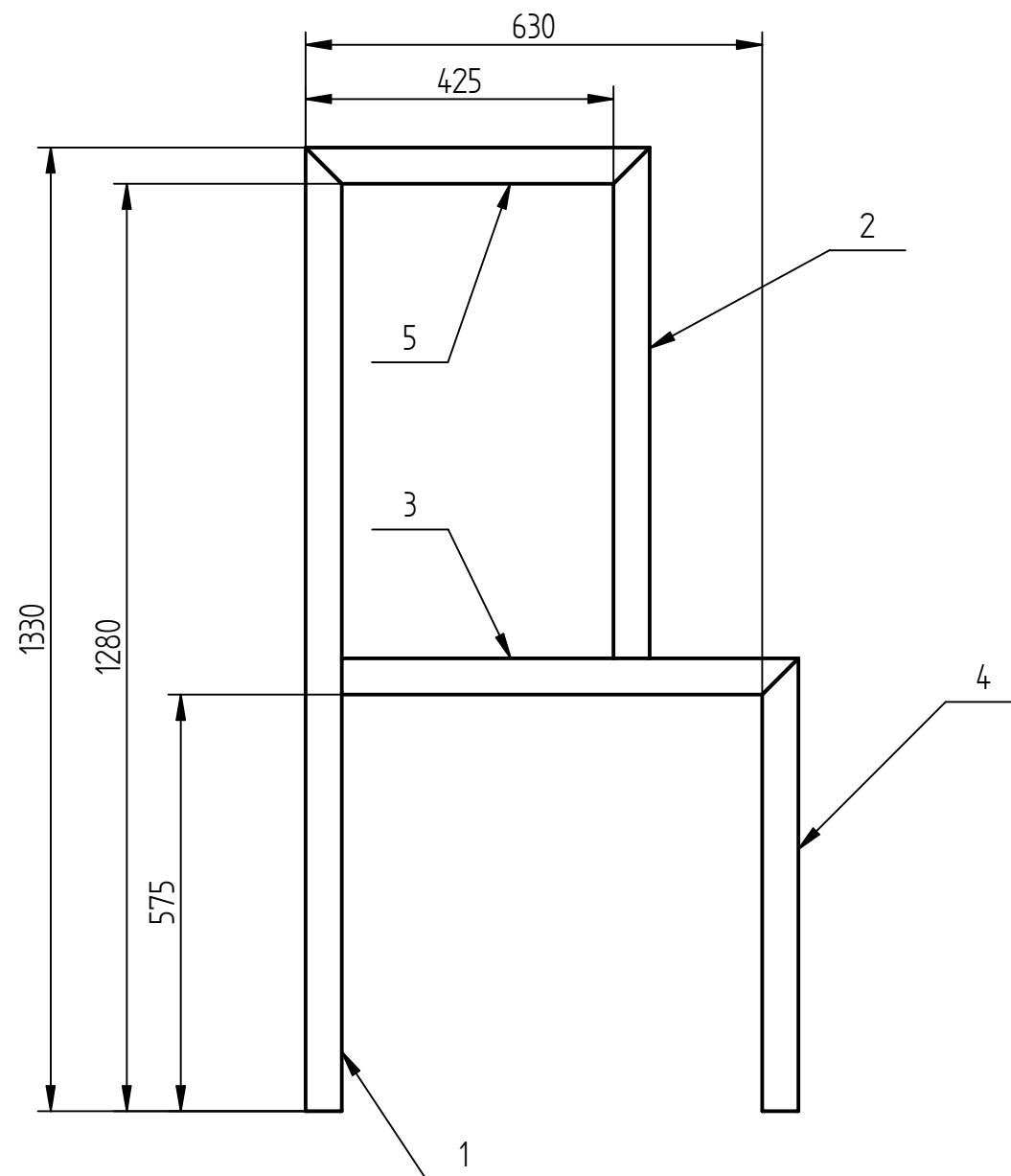
To ensure the uninterrupted operation of the device, I performed calculations on the pipes and any potential problems with liquid spillage within the device.

During the economic calculations, I calculated the value of the development, as well as the increased cost of the device due to this, and I explained the benefits of the development.

9 Irodalomjegyzék

- [1] [Online]. Available: <https://wilohu-app.wilo.com/download/EDoc/Data/Publikus/09-Tervezesi%20segedletek/Szivattyutechnika%20alapjai%20kiskate.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 2023 08 11].
- [2] [Online]. Available: https://www.pumpfundamentals.com/download-free/specialty_pumps.pdf. [Hozzáférés dátuma: 2023 08 13].
- [3] S. László, Áramlástani szivattyúk, Budapest: Nagy László főigazgató, 2008.
- [4] Dr. Török Sándor, Áramlástani gépek, Gödöllő: Szent István Egyetem, 2011.
- [5] [Online]. Available: https://eta.bibl.u-szeged.hu/5387/9/03M_Bernoulli-egyenlet%20%28levezet%C3%A9s%29.pdf. [Hozzáférés dátuma: 2023 08 20].
- [6] Lajos Tamás, Az áramlástan alapjai, Budapest: Budapesti Műszaki Egyetem Áramlástan Tanszék, 1992.
- [7] [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/uniform-flow>. [Hozzáférés dátuma: 2023 08 29].
- [8] [Online]. Available: https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/59/69/dd/1/Devecz_Jarmu_hajtaselemek_III.pdf. [Hozzáférés dátuma: 2023 09 04].
- [9] [Online]. Available: <https://www.avkuk.co.uk/en-gb/smart-water/water-hammer/water-hammer-issues>. [Hozzáférés dátuma: 2023 09 05].
- [10] Lajos Tamás, Az áramlástan alapjai, Budapest: Műegyetemi kiadó, 2008.
- [11] [Online]. Available: https://pavogy.web.elte.hu/Kornyez/Koz_kis/suruseg1.html. [Hozzáférés dátuma: 2023 09 13].
- [12] [Online]. Available: <https://www.inoxpa.com/products/pumps/centrifugal-pumps/centrifugal-pump-manufacturer>. [Hozzáférés dátuma: 2023 09 18].
- [13] [Online]. Available: <https://www.lewa.hu/hu/szakterueletek/elelmiszer-es-italgyarto-ipar/#c107303>. [Hozzáférés dátuma: 2023 09 18].
- [14] [Online]. Available: <https://wilo.com/ar/en/Products-and-expertise/en/products-expertise/wilo-medana-ch1-l>. [Hozzáférés dátuma: 2023 09 18].
- [15] [Online]. Available: <https://www.traceparts.com/hu>.
- [16] MSZ EN 10088-1:2015, Stainless steels. Part 1: List of stainless steels, Magyar Szabványügyi Testület, 2015.

[17] [Online]. Available: <https://www.agst-steel.de/data/hu/4301.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 2023 10 04].



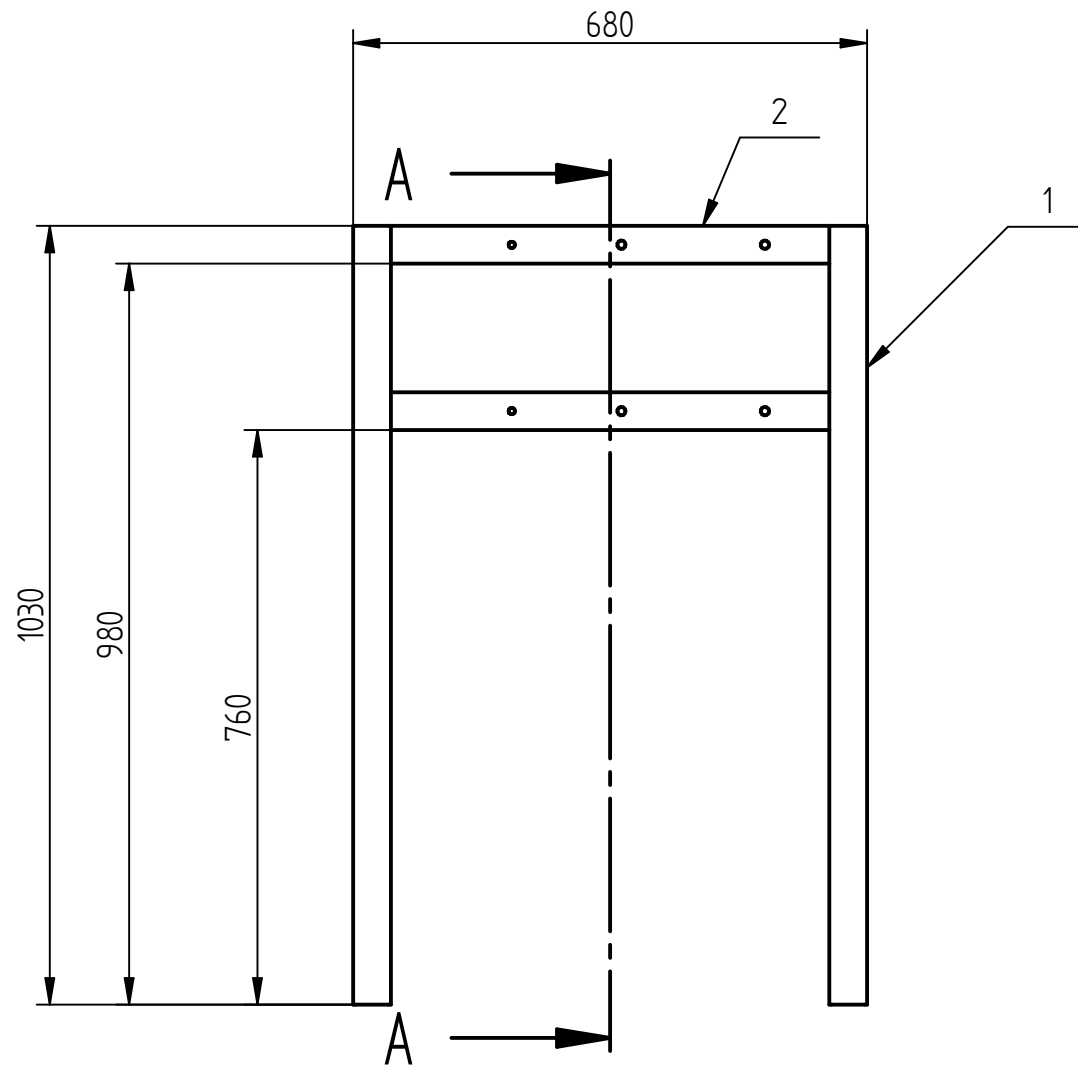
5.	1	Zártszelvény	50x50x475	MSZ EN 10219	S235JR	
4.	1	Zártszelvény	50x50x625	MSZ EN 10219	S235JR	
3.	1	Zártszelvény	50x50x630	MSZ EN 10219	S235JR	
2.	1	Zártszelvény	50x50x705	MSZ EN 10219	S235JR	
1.	1	Zártszelvény	50x50x1330	MSZ EN 10219	S235JR	
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés

3.						
2.						
1.						
0.	1. kiadás, jóváhagyásra					
Revízió Revision	Leírás Description	Tervező/ Designer	Ellenőr	Név Name	Aláírás Signature	Dátum Date
		Hajdú Dániel	Buzás Zs.			11/08/2023

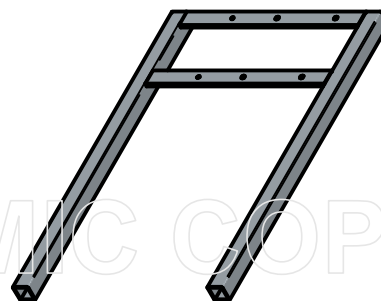
Megnevezés/Title
Villamos szekrényt tartó keret

Méretarány/Scale 1:10	Vállalat/Company ABFÜLLTECHNIK ZOOTECHNIKA	Munka kód/Work code ABZ-05	Rajzszám/Doc. No. ABZ-05/20	Lapok sz. No. of sh. 1	Lap sz. Sheet No. 1
--------------------------	--	-------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------

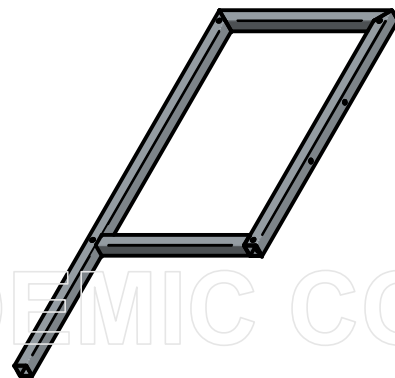
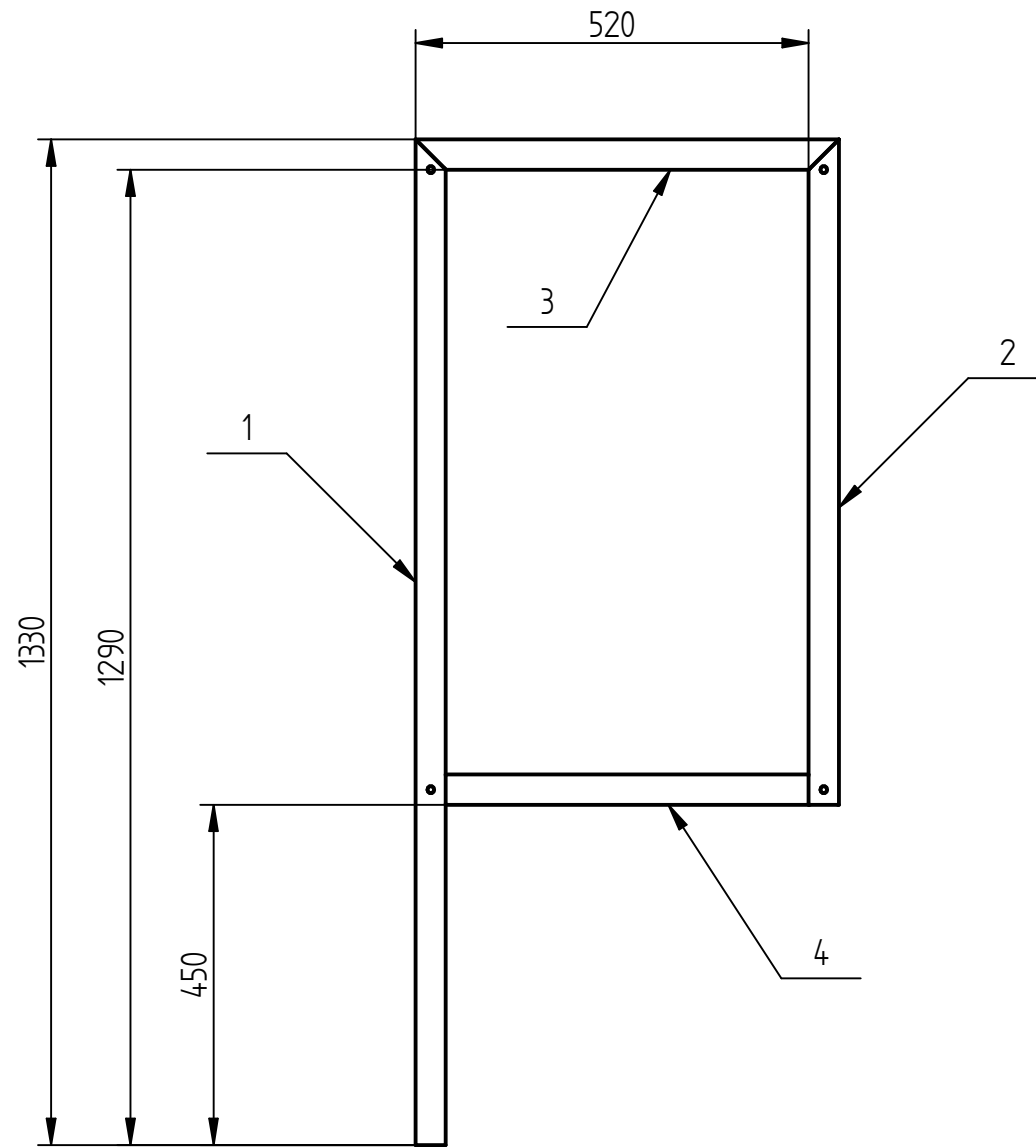
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



2.	2	Laposacél	50x10x580	MSZ EN 10058	S235JR	
1.	2	Zártszelvény	50x50x1030	MSZ EN 10219	S235JR	
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés
3.						
2.						
1.						
0.		1. kiadás, jóváhagyásra				
Revízió Revision	Leírás Description			Tervező/ Designer	Ellenőr	Dátum Date
	Megnevezés/Title			Hajdú Dániel	Buzás Zs.	11/08/2023
	Hőcserélőt tartó keret			Név Name	Aláírás Signature	Név Name
	Méretarány/Scale	Vállalat/Company	Munka kód/Work code	Rajzszám/Doc. No.	Lapok sz. No. of sh.	Lap sz. Sheet No.
	1:10	ABFÜLLTECHNIK ZOOTECHNIKA	ABZ-05	ABZ-05/18	1	1



SOLID EDGE ACADEMIC COPY



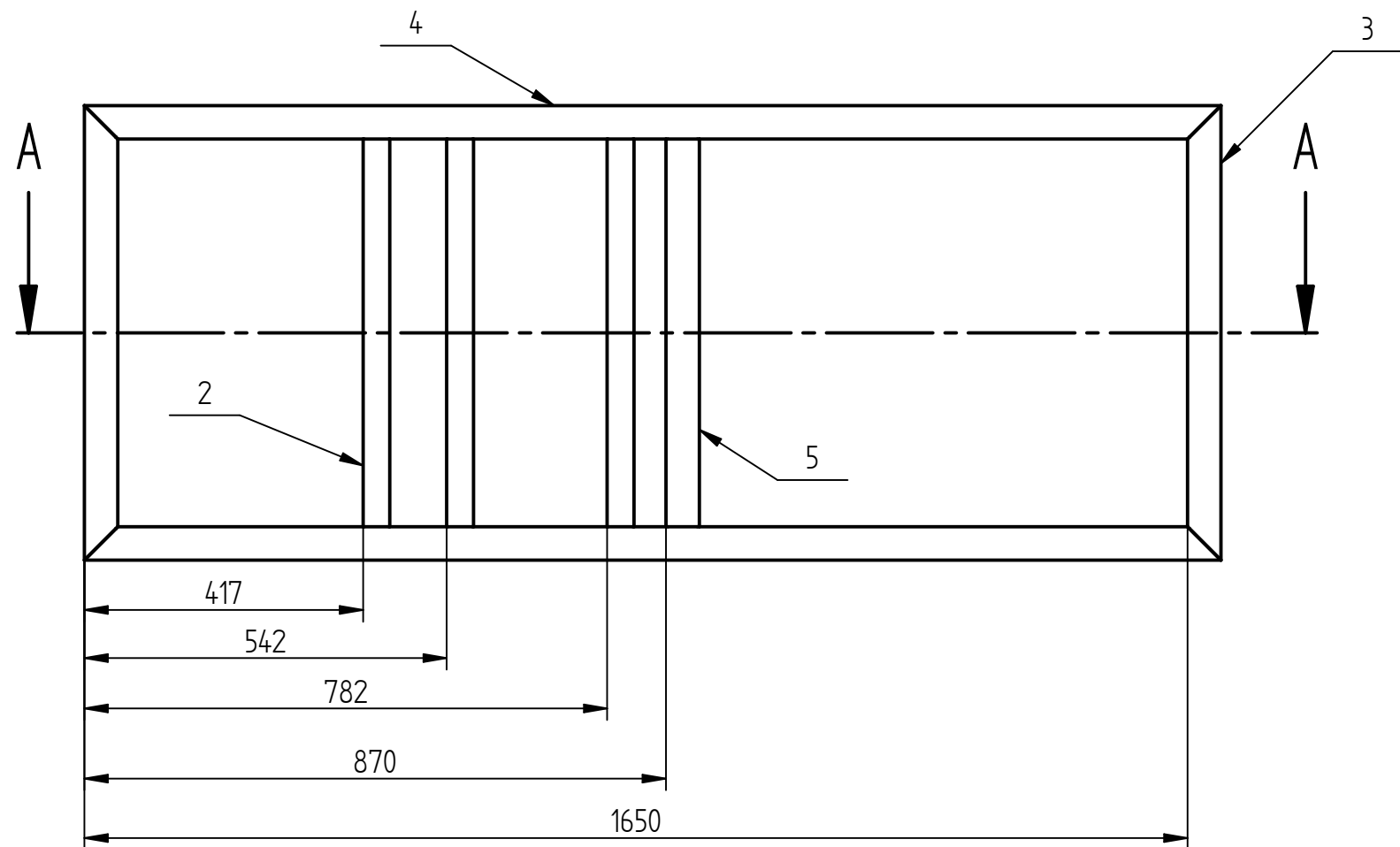
4.	1	Zártszelvény	40x40x480	MSZ EN 10219	S235JR	
3.	1	Zártszelvény	40x40x560	MSZ EN 10219	S235JR	
2.	1	Zártszelvény	40x40x880	MSZ EN 10219	S235JR	
1.	1	Zártszelvény	40x40x1330	MSZ EN 10219	S235JR	
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés

3.						
2.						
1.						
0.	1.	kiadás, jóváhagyásra		Hajdú Dániel		Buzás Zs. 11/08/2023
Revízió Revision	Leírás Description			Tervező/ Designer	Ellenőr	Dátum Date
				Név Name	Aláírás Signature	Név Name

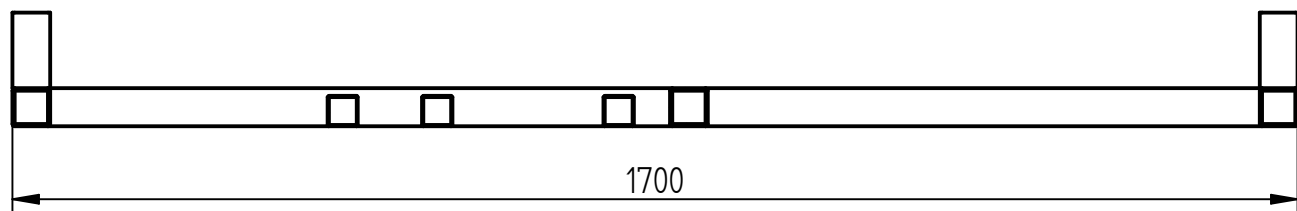
Megnevezés/Title
Hőntartót alátámasztó keret

Méretarány/Scale 1:10	Vállalat/Company ABFÜLLTECHNIK ZOOTECHNIKA	Munka kód/Work code ABZ-05	Rajzszám/Doc. No. ABZ-05/19	Lapok sz. No. of sh. 1	Lap sz. Sheet No. 1
--------------------------	--	-------------------------------	--------------------------------	------------------------------	---------------------------

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



A-A

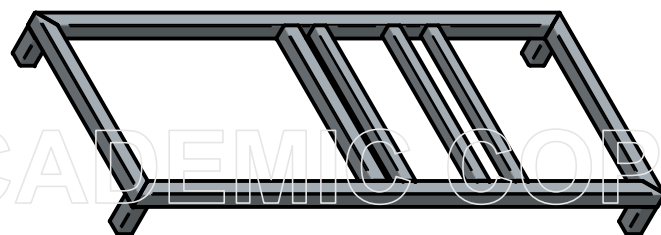


Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés
5.	1	Zártszelvény	50x50x580	MSZ EN 10219	S235JR	
4.	2	Zártszelvény	50x50x1700	MSZ EN 10219	S235JR	
3.	2	Zártszelvény	50x50x680	MSZ EN 10219	S235JR	
2.	3	Zártszelvény	40x40x580	MSZ EN 10219	S235JR	
1.	4	Zártszelvény	50x50x100	MSZ EN 10219	S235JR	

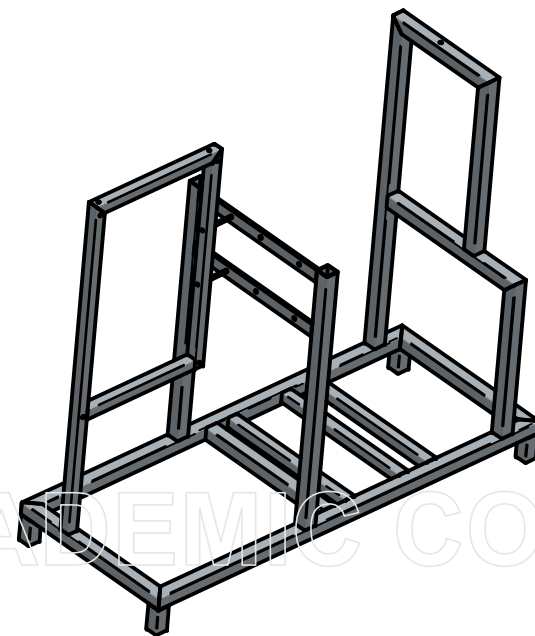
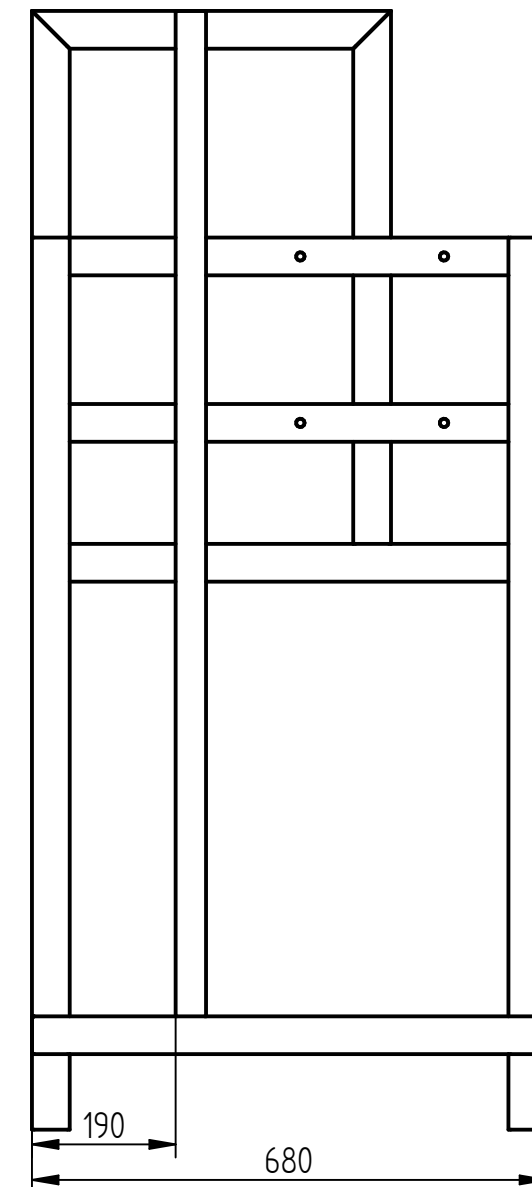
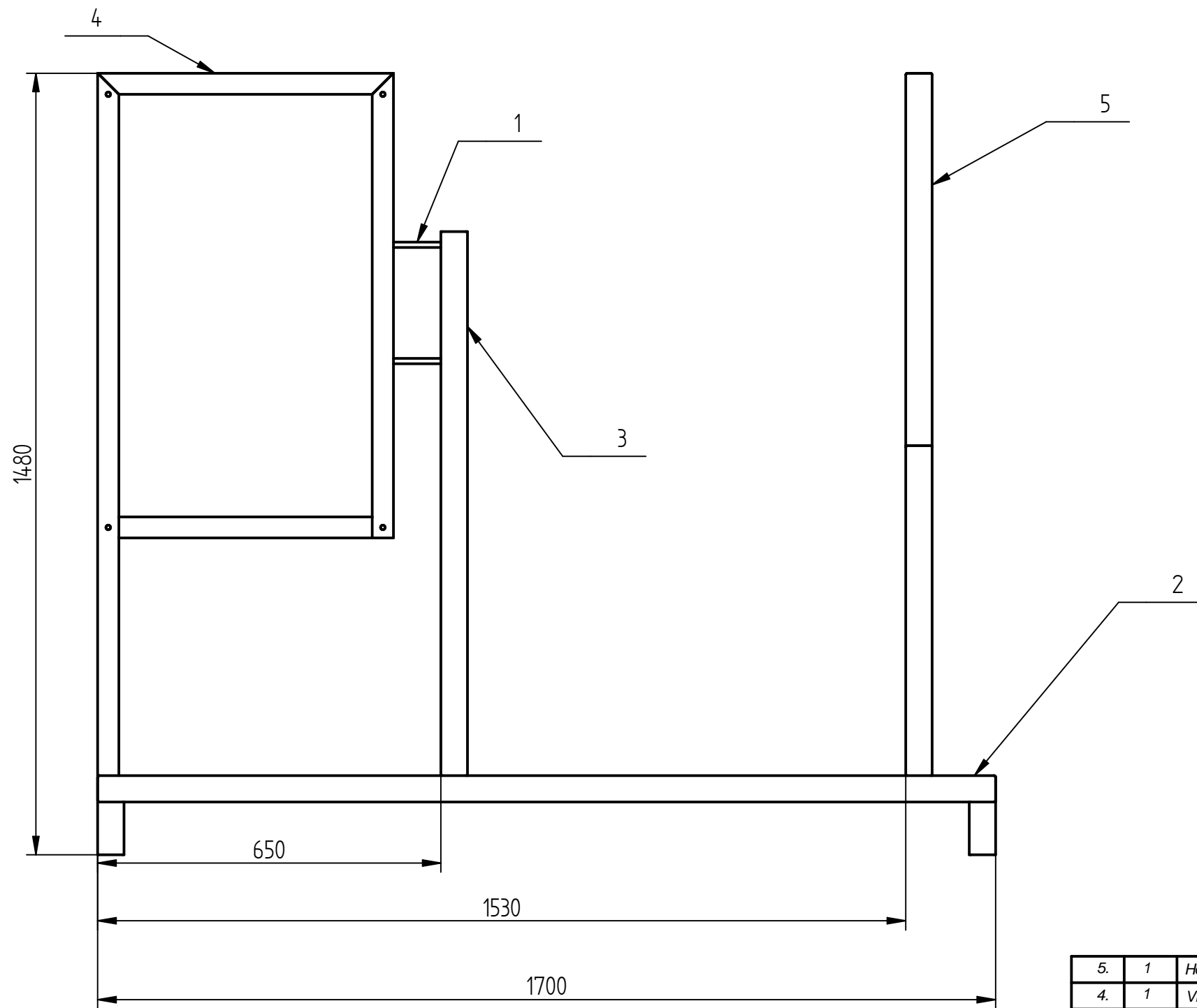
Revízió Revision	Leírás Description	Tervező/Designer	Ellenőr	Dátum Date
0.	1. kiadás, jóváhagyásra	Hajdú Dániel	Buzás Zs.	11/08/2023
		Név Name	Aláírás Signature	Név Name

Megnevezés/Title
Keret alja

Méretarány/Scale	Vállalat/Company	Munka kód/Work code	Rajzszám/Doc. No.	Lapok sz. No. of sh.	Lap sz. Sheet No.
1:10	ABFÜLLTECHNIK ZOOTECHNIKA	ABZ-05	ABZ-05/17	1	1



SOLID EDGE ACADEMIC COPY



5.	1	Hőntartó alátámasztó keret				Rajzszám: ABZ-05/19
4.	1	Villamos szekrényt tartó keret				Rajzszám: ABZ-05/20
3.	1	Hőcserélőt tartó keret				Rajzszám: ABZ-05/18
2.	1	Keret alja				Rajzszám: ABZ-05/17
1.	2	Távtartó				Rajzszám: ABZ-05/07
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus	Anyag	Megjegyzés

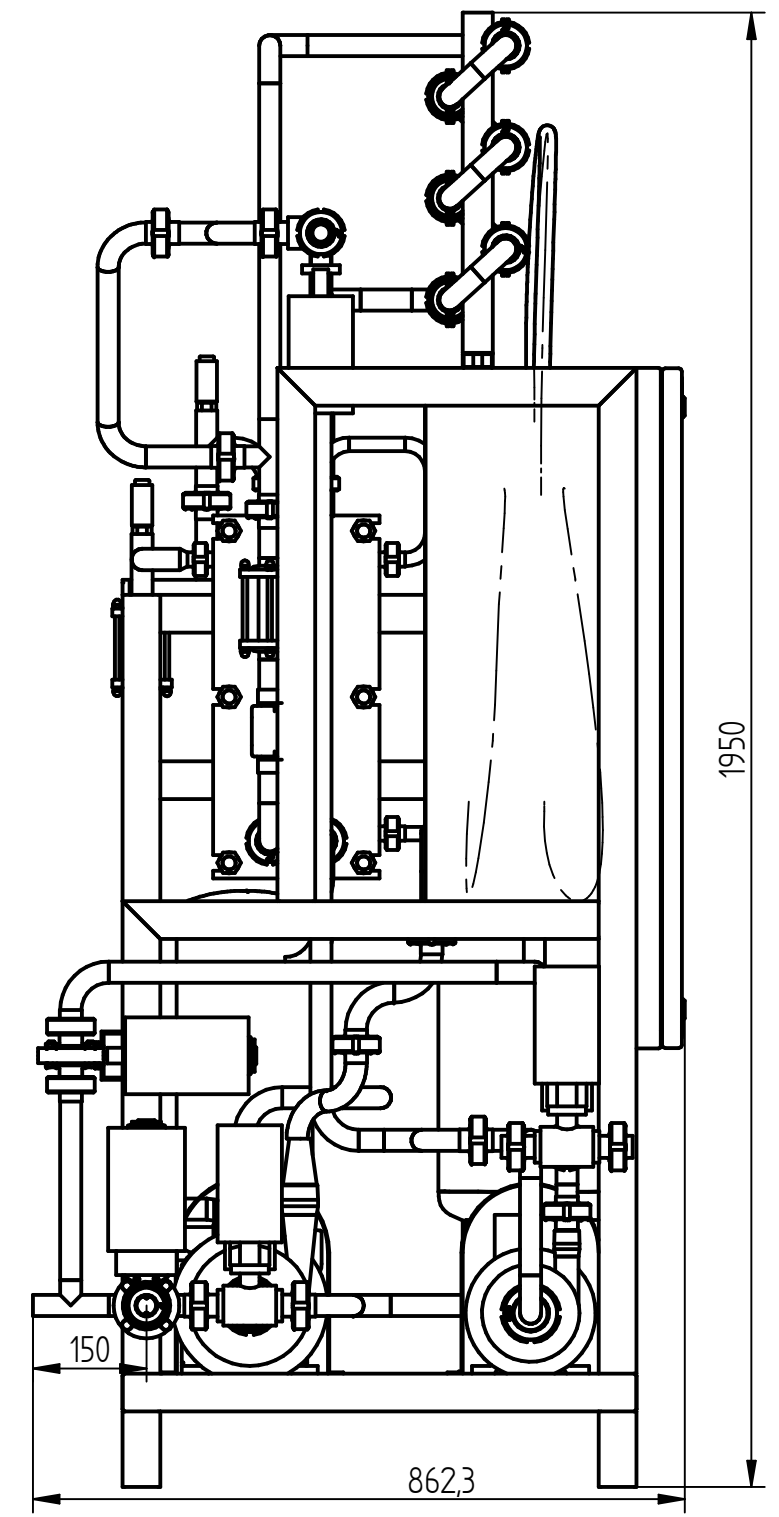
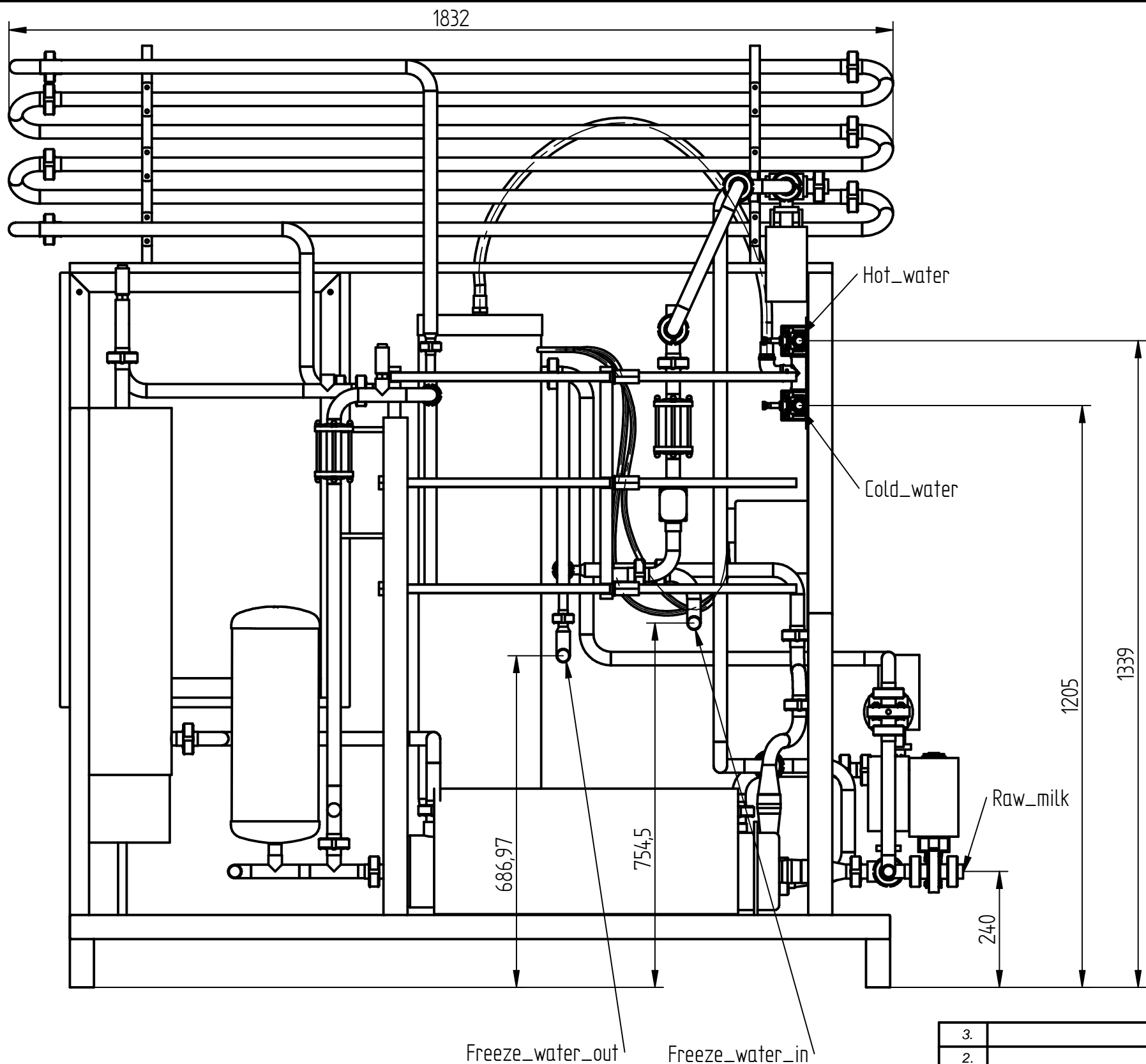
3.										
2.										
1.										
0.	1. kiadás, jóváhagyásra						Hajdú Dániel		Buzás Zs.	11/08/2023
Revízió Revision	Leírás Description	Tervező/ Designer	Név Name	Aláírás Signature	Ellenőr	Név Name	Aláírás Signature	Dátum Date		

Megnevezés/Title

Vázkeret összeállítási rajza

Méretarány/Scale	Vállalat/Company	Munka kód/Work code	Rajzszám/Doc. No.	Lapok sz. No. of sh.	Lap sz. Sheet No.
1:10	ABFÜLLTECHNIK ZOOTECHNIKA	ABZ-05	ABZ-05/21	1	1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



3.						
2.						
1.						
0.	1. kiadás, jóváhagyásra	Tervező/ Designer Hajdú Dániel	Ellenőr Buzás Zs.			22/09/2023
Revízió Revision	Leírás Description	Név Name	Aláírás Signature	Név Name	Aláírás Signature	Dátum Date
Megnevezés/Title Lemezes pasztőr						
Méretarány/Scale 1:10	Vállalat/Company ABFÜLLTECHNIK ZOOTECHNIKA	Munka kód/Work code ABZ-05	Rajzszám/Doc. No. ABZ-05/221	Lapok sz. No. of sh. 1	Lap sz. Sheet No. 1	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: HAFDŰ DÁNIEL

A Hallgató Neptun kódja: XK3W9F

A dolgozat címe: Meglévő tejpantórium¹ bevezetés rekonstrukciós tervezése és technológiai továbbfejlesztése
2023

A megjelenés éve:

A konzulens intézetének neve: MŰSZAKI

A konzulens tanszékének a neve: GÉPSZERKEZETTANI

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő 2023. év október hó 31. nap

Hafdu Daniel
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Hajdú Dániel (név) (hallgató Neptun azonosítója: **XK3W97**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2023 október 31.


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.