

SZAKDOLGOZAT

Kondákor Tamás

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki alapképzési szak

Fűtőgáz előkészítő szeparátor gépészeti tervezése

Belső konzulens: **Madarász István**
mestertanár

Külső konzulens: **Kondákor Lajos**
gépészmérnök

Készítette: **Kondákor Tamás**
RUUWVU
nappali tagozat

Intézet/Tanszék: **Műszaki Intézet**

Gödöllő
2025

Tartalom

1.	Bevezetés.....	1
2.	Téma jelentősége.....	2
3.	Célkitűzés.....	3
4.	Szakirodalom feldolgozása	4
4.1.	Vékonyfalú csövek szilárdsági méretezése	4
4.1.1.	Csővek falvastagságának meghatározása elméleti úton.....	4
4.1.2.	Csővek falvastagságának meghatározása gyakorlati úton	5
4.2.	Anyagválasztás.....	9
4.3.	Számítógéppel támogatott tervezés	11
4.3.1.	A gépészeti tervezés folyamata	11
5.	Berendezés megtervezése.....	14
5.1.	A koncepció kialakítása	14
5.2.	Koncepcionális tervezés	16
5.3.	Konstrukciósintézis	17
5.4.	Konstrukcióelemzés	20
5.4.1.	Az alkalmazott anyag	20
5.4.2.	Szilárdságtani méretezés	21
5.5.	Részlettervezés	26
5.6.	Termékértékelés	32
5.7.	Dokumentáció kidolgozása	34
6.	Gazdasági számítás	36
7.	Összefoglalás.....	38
8.	Summary	39
9.	Ábrajegyzék	40
10.	Táblázatjegyzék.....	41

11. Mellékletjegyzék	41
12. Irodalomjegyzék.....	42
13. Mellékletek.....	43

1. Bevezetés

Magyarország dél-dunántúli régiójában jelentős mértékű szénhidrogén kitermelés zajlik, ahol a főtermék kőolaj. A bányászat során felszínre juttatott termelvény a kőolaj mellett, gázfázisú szénhidrogéneket is tartalmaz. [1] A kitermelt gáz közvetlen betáplálása a szállítórendszerbe összetétele miatt nem lehetséges, ezért általánosan alkalmazott iparági gyakorlat a szénhidrogén-gázok fáklyán történő elégetése, azaz a fáklyázás. [2]

Azonban az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/1787 rendelete szerint ez a környezetszennyező iparági gyakorlat már nem folytatható, mivel a rutinszerű fáklyázás tilos. A rendelet kizárólag különleges helyzetekben, valamint üzemzavar vagy vészhelyzet esetén engedélyezi a fáklyázás alkalmazását. A gázok lefűvatása, vagyis azok elégetés nélküli légkörbe bocsátása is csak abban az esetben engedélyezett, amennyiben a korábbi feltételek közül legalább az egyik teljesül. [3]

Indokolt tehát egy olyan műszaki megoldás, amely az említett problémára egy jogszabályoknak megfelelő, környezet számára kíméletesebb és hosszú távon gazdaságilag is kifizetődő alternatívát jelent.

2. Téma jelentősége

A klímaváltozás mérséklésének egyik meghatározó területe az emberi eredetű metánkibocsátás csökkentése. „A metánt csak a szén-dioxid (CO₂) előzi meg az éghajlatváltozáshoz való teljes hozzájárulás tekintetében, és megközelítőleg a jelenlegi felmelegedés harmadáért felelős.” [3] Ugyan a metán rövidebb ideig (10-12 év) tartózkodik a légkörben, mint a szén-dioxid (több száz év), globális felmelegedési potenciálja rövid távra (20 év) vetítve jóval nagyobb, mintegy 82,5-szerese a szén-dioxidéhoz képest.

A bevezetésben taglalt feladat megoldása többszörösen indokolt, hiszen a metánkibocsátás csökkentésére irányuló rendelet szabályozza a fáklyázást és a lefúvatást, miközben ezek a folyamatok jelentős energiavesztéssel is járnak. A gázok fáklyán történő elégetése, illetve elégetés nélküli légtérbe engedése során nem történik energiahasznosítás.

Indokolható tehát az eddig fáklyán elégetett, illetve a lefúvatott gázok energetikai célú hasznosítása. A nyersgázok közvetlen elégetése a kazánban azonban nem lehetséges, mivel nem felelnek meg az előírt minőségi követelményeknek. A biztonságos hasznosításához a nyersgázok előkészítése elengedhetetlen, amely az ipari gyakorlatban gázszeparátorok alkalmazásával valósul meg. A szeparátor révén energetikai célra alkalmas fűtőgáz állítható elő. [4]

Egy szeparátor gépészeti tervezése nem csupán egy technikai kihívás, hanem egy összetett mérnöki megközelítés, amely figyelembe veszi az energetikai hatékonyságot, a környezettudatosságot és a vonatkozó jogszabályokat is.

3. Célkitűzés

Dolgozatomban bemutatom a korábbiakban taglalt probléma megoldásának megvalósítását. A tervezőcsapat részeként a feladatom, hogy elkészítsem a gépészeti kiviteli terveit egy fűtőgáz előkészítő szeparátornak, mely egy szénhidrogén gyűjtőállomás számára fog fűtőgázt biztosítani. Munkám alapjául szolgálnak a technológus tervező által biztosított technológiai tervek.

A szénhidrogén szeparátor célja a víz, illetve a szénhidrogén azon komponenseinek leválasztása, amelyek problémát okoznának a hasznosítás során. A szeparátor segítségével megfelelő minőségű fűtőgáz állítható elő, amely helyi energetikai célú felhasználásra, technológiai fűtésre alkalmas.

A kidolgozás első lépése a vonatkozó szakirodalom áttekintése. Ezt követően a technológiai tervek alapján elvégzem a megfelelő szilárdságtani számításokat és ellenőrzéseket. A számításokat követően elkészítem a berendezés 3D modelljét. Amennyiben a modell a megrendelő által jóváhagyásra kerül, elkészítek egy 2D összeállítási rajzot, az áttekintő tervet. A dokumentáció részeként izometrikus csőterveket is készítek.

4. Szakirodalom feldolgozása

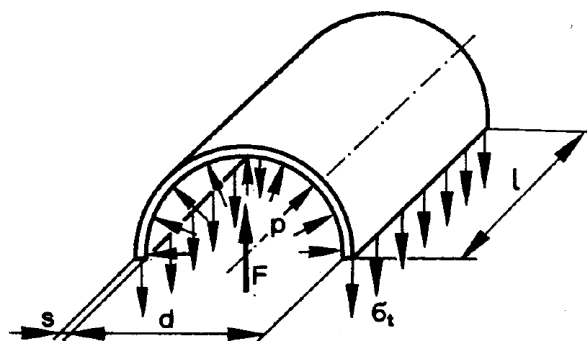
Ebben a fejezetben a szakirodalom feldolgozás részeként áttekintem a releváns, vonatkozó forrásokat.

4.1. Vékonyfalú csövek szilárdsági méretezése

A rendelkezésemre álló források alapján áttekintést nyújtok a csövek falvastagságának, illetve a külső és belső átmérő arányának meghatározásával kapcsolatosan, először elméleti, majd gyakorlati úton. Továbbá kitérek az anyagválasztás pontos menetére is.

4.1.1. Csövek falvastagságának meghatározása elméleti úton

A feldolgozott szakirodalom azzal az egyszerűsítő feltételezéssel él, hogy a cső falában a feszültségeloszlás egyenletes. „A belső túlnyomásra terhelt vékonyfalú cső egy alkotója mentén szét akar hasadni, az egyensúlyt a cső falában ébredő érintőleges húzófeszültség állítja helyre.” [5]



1. ábra: „A cső falvastagságának meghatározásához” [5]

A tangenciális húzófeszültség meghatározása:

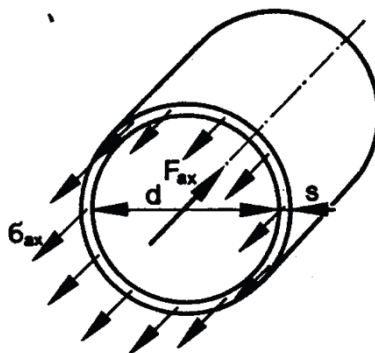
$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{d \cdot l \cdot p}{2 \cdot s \cdot l} = \frac{d \cdot p}{2 \cdot s}$$

Ebből a falvastagság:

$$s = \frac{d}{2} \cdot \frac{p}{\sigma_{meg}}$$

ahol σ_{meg} a megengedett feszültséget jelöli.

„Ezt az összefüggést, mivel a kazánok falvastagságára vezették le először, kazánformulának nevezzük. A lezárt csőben tengelyirányban is fellép erőhatás (F_{ax}), amellyel a csőfalban az axiális irányú feszültségek tartanak egyensúlyt.” [5]



2. ábra: „Az axiális feszültség csőfalban” [5]

A csőfalban ébredő axiális irányú feszültség:

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{A} = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot p}{4 \cdot d \cdot \pi \cdot s} = \frac{d \cdot p}{4 \cdot s}$$

Ebből a falvastagság:

$$s = \frac{d \cdot p}{4 \cdot \sigma_{meg}}$$

A rendszerben fennáll radiális feszültség is, azonban mivel vékonyfalú csövekről beszélünk, így ezt elhanyagoljuk és csak a tangenciális, illetve axiális feszültség alapján számolunk. Azonban az összefüggésekből az is belátható, hogy a tangenciális feszültség kétszer akkora, mint az axiális. Így észszerű a tangenciális feszültség összefüggése alapján meghatározni az elméleti falvastagságot.

Vékonyfalú csövekről beszélünk, amennyiben a külső és belső átmérő aránya az alábbi összefüggés szerint alakul. [5] [6]

$$\frac{d_k}{d} \leq 1,1$$

4.1.2. Csövek falvastagságának meghatározása gyakorlati úton

Az MSZ EN 13480-3:2025 szerint a számított falvastagság meghatározása a következő összefüggések alapján lehetséges:

$$e = \frac{p_c \cdot D_o}{2 \cdot f_z + p_c}$$

vagy alternatív alakban:

$$e = \frac{p_c \cdot D_i}{2 \cdot f_z - p_c}$$

Ahol:

e – számított falvastagság

p_c – számítási nyomás

D_o – külső átmérő

D_i – belső átmérő

f_z – tervezési feszültség

Az MSZ EN 13480-3:2025 szabvány alapján ezek az összefüggések, azaz a kazánformula abban az esetben alkalmazható, amikor a külső átmérő D_o és belső átmérő D_i aránya az alábbi összefüggés szerint alakul: [7]

$$\frac{D_o}{D_i} \leq 1,7$$

Amennyiben a külső és belső átmérő aránya:

$$\frac{D_o}{D_i} > 1,7$$

a Lamé egyenlet alkalmazása szükséges. Az egyenlet a következő formában írható fel:

$$e = \frac{D_o}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{f_z - p_c}{f_z + p_c}} \right)$$

vagy alternatív alakban:

$$e = \frac{D_i}{2} \left(\sqrt{\frac{f_z + p_c}{f_z - p_c}} - 1 \right)$$

Belátható, hogy a falvastagság meghatározásához szükséges összefüggések, illetve a használhatóságának határértéke is eltér a korábbi elméleti megközelítéstől. A továbbiakban a gyakorlati megközelítést fogom előnyben részesíteni, így megfelelően az MSZ EN 13480-as szabványcsomag által meghatározott követelményeknek.

Az tervezési feszültségnek a következő szerint kell alakulnia:

$$f = \min \left\{ \frac{R_{eHt}}{1,5} \text{ vagy } \frac{R_{p0,2t}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4} \right\}$$

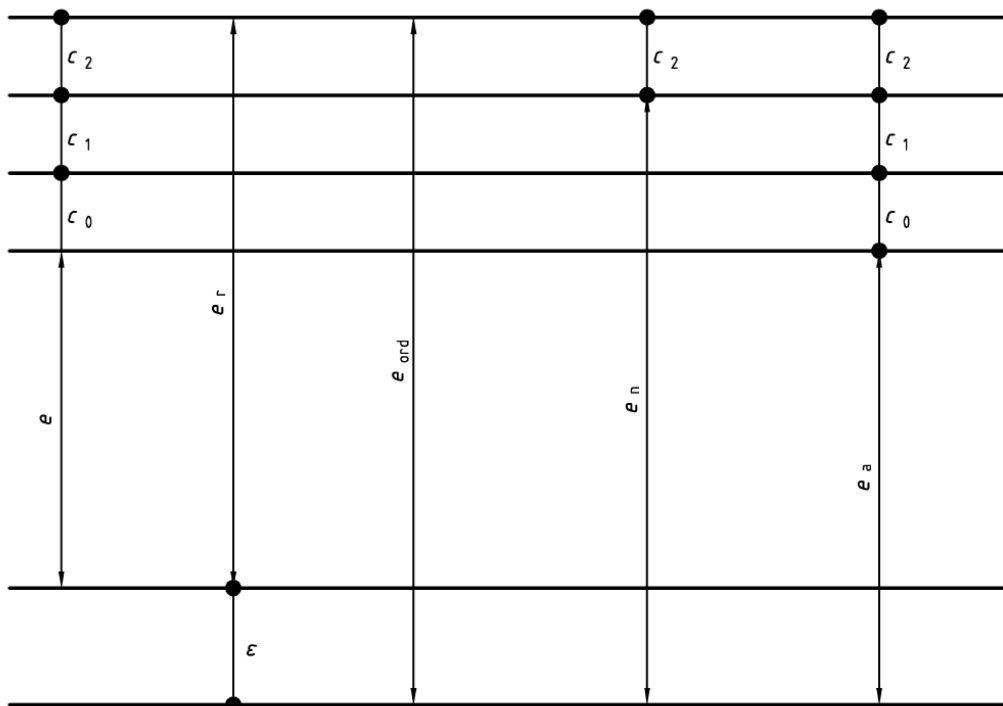
Ahol:

f – tervezési feszültség

R_{eHt} – felső folyáshatár minimum értéke, számítási hőmérsékleten (ha ez a hőmérséklet nagyobb, mint szobahőmérséklet)

$R_{p0,2t}$ – egyezményes folyáshatár minimum értéke, számítási hőmérsékleten (ha ez a hőmérséklet nagyobb, mint szobahőmérséklet)

R_m – szakítószilárdság minimum értéke szobahőmérsékleten [7] [8]



3. ábra: Csövek valós falvastagsága [7]

A csövek valós falvastagságának meghatározásához ráhagyásokkal kell számolnunk. A 3. ábra mutatja a valós falvastagság alakulását.

Ahol:

e – számított falvastagság (ráhagyások és tűrések nélkül)

c_0 – korróziós/eróziós ráhagyás

c_1 – negatív gyártási tűrés abszolút értéke

c_2 – megmunkálási vékonyodási ráhagyás

e_r – minimálisan szükséges falvastagság (ráhagyásokkal és tűrésekkel)

ε – növekmény a rendelési (szabványos) falvastagsághoz

e_{ord} – rendelési (szabványos) falvastagság

e_n – névleges falvastagság (rajzokon)

e_a – vizsgálati falvastagság (szilárdsági ellenőrzéshez) [9]

A vizsgálati falvastagságot a következőképpen kell meghatározni:

$$e_a = e + \varepsilon$$

vagy

$$e_a = e_{ord} - c_0 - c_1 - c_2$$

A rendelési falvastagság legalább az alábbi értékű kell legyen [3]:

$$e_{ord} \geq e + c_0 + c_1 + c_2$$

A negatív gyártási tűrés meghatározásában az MSZ EN 10216-3:2014 szabvány 9. táblázata nyújt segítséget, amelyet a 4. ábra szemléltet.

Outside diameter D mm	Tolerances on D	Tolerances on T for a T/D ratio			
		≤ 0,025	> 0,025 ≤ 0,050	> 0,050 ≤ 0,10	> 0,10
D ≤ 219,1	± 1% or ± 0.5mm	± 12,5% or ± 0.4mm whichever is the greater			
D > 219,1	whichever is the greater	± 20%	± 15%	± 12,5%	± 10% ^a

4. ábra: Iránymutató a negatív gyártási tűrés meghatározásához [10]

A belső falvastagság értékének meghatározása az MSZ EN 13480-3:2025 szabvány alapján:

$$e_{int} = e \cdot \frac{\frac{R}{D_o} - 0,25}{\frac{R}{D_o} - 0,5}$$

A külső falvastagság értékének meghatározása:

$$e_{ext} = e \cdot \frac{\frac{R}{D_o} + 0,25}{\frac{R}{D_o} + 0,5}$$

ahol R a hajlítási ív milliméterben behelyettesítve.

4.2. Anyagválasztás

Az ipari csővezetékek anyag kiválasztásához tartozó követelményeket az MSZ EN 13480-2:2025 szabvány írja le. A megfelelő anyag kiválasztásához elengedhetetlen az üzemi körülmények gondos figyelembevétele, mivel a biztonságos működés és a szabványkövetelményeknek való megfelelés csak így garantálható.

Az MSZ EN 13480-2:2025 szabvány *A* melléklete tartalmazza a jóváhagyott anyagok listáját. Az anyag kiválasztása során az *A* melléklet által jóváhagyott anyagokból célszerű választani, mivel így biztosítva van, hogy az adott anyag megfelel a tervezés során használt MSZ EN 13480 szabványsor által előírt követelményeknek. Az 5. ábra a szabványos acélok termékformák szerinti csoportosításából egy részletet mutat. [11] [12] [13]

No	Product form	European Standard	Material description	Grade	Material number	Heat treatment conditions	Thickness mm		Material Group to CR ISO 15608	Notes
							min	max		
188	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	X11CrMo9-1 + NT	-	NT, QT ^c	0	60	5.4	^a
189	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	14MoV6-3	1.7715	NT, QT ^c	0	60	6.1	^a
190	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	20CrMoV13-5-5	1.7779	QT	0	60	6.3	^a
191	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	X10CrMoVNb9-1	-	NT, QT ^c	0	100	6.4	^a
192	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	X20CrMoV11-1	-	NT, QT ^c	0	100	6.4	^a
193	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P275NL1	-	N	0	100	1.1	^a
194	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P275NL2	-	N	0	100	1.1	^a
195	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P460NL2	-	N ^c	0	100	1.1	^a
196	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355N	-	N	0	100	1.2	^a
197	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355NH	-	N	0	100	1.2	^a
198	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355NL1	-	N	0	100	1.2	^a
199	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355NL2	-	N	0	100	1.2	^a
200	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P460N	-	N ^c	0	100	1.3	^a
201	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P460NH	-	N ^c	0	100	1.3	^a
202	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P460NL1	-	N ^c	0	100	1.3	^a
203	seamless tube	EN 10216-4	low temperature properties	P215NL	-	N	0	10	1.1	^a
204	seamless tube	EN 10216-4	low temperature properties	P255QL	-	QT	0	40	1.1	^{a1}
205	seamless tube	EN 10216-4	low temperature properties	P265NL	-	N	0	25	1.1	^a

5. ábra: Részlet a jóváhagyott anyagok listájából [11]

Az MSZ EN 10216-3:2014 szabvány a varrat nélküli, finomszemcsés szerkezetű acélcsövekre vonatkozik, melyeket nyomástartó berendezések esetén alkalmaznak. A hidegen vont acélcsövek alkalmazása szilárdsági szempontból előnyös, mivel varrat nélküli kialakításuk révén elkerülhetőek a hegesztés mentén fellépő feszültségcsúcsok. A hosszvarratos kialakítás mellőzése különösen kedvező, mivel vékonyfalú csövek esetén a legnagyobb feszültség a palást mentén, azaz kerületi irányban ébred, pontosan ott, ahol a varrat jelentős gyengítő hatást okozna. A vont acélcső varratmentes kialakításának homogén anyagszerkezete biztosítja az egyenletes feszültségeloszlást, ezzel növelve a szerkezet üzembiztonságát.

A szabvány többek között ismerteti a különböző varrat nélküli acélcsövek anyagainak mechanikai tulajdonságait. Megtalálhatóak a felső folyáshatár, az egyezményes folyáshatár és a szakítószilárdság értékei a falvastagság függvényében. A tervezési hőmérséklet figyelembevételének is kiemelt jelentősége van. Magyarországon kültéri telepítésű berendezések esetén a tervezési hőmérsékletet -20 °C és $+50\text{ °C}$ közötti tartomány jellemzi. Az alacsony hőmérséklet miatt az anyagválasztás során fontos olyan anyagminőséget választani, amelyre a szabvány az ütőmunka értékét is meghatározza. A 6. ábra a szabványból egy táblázatot mutat, amely ismerteti a különböző anyagok ütőmunka értékeit a hőmérséklet függvényében. [10]

Steel grades		Wall thickness T mm	Minimum average impact energy KV J for													
Steel name	Steel number		longitudinal direction							transverse direction						
		at a temperature of °C														
			- 50	- 40	- 30	- 20	- 10	0	+ 20	- 50	- 40	- 30	- 20	- 10	0	+ 20
P355N P355NH P460N P460NH	1.0562 1.0565 1.8905 1.8935	≤ 40	-	-	-	40	43	47	55	-	-	-	27	31	35	39
P620Q P620QH P690Q P690QH	1.8876 1.8877 1.8879 1.8880	> 40 to ≤ 65	-	-	-	-	40	45	50	-	-	-	-	27	31	35
P275NL1 P355NL1 P460NL1 P620QL P690QL1	1.0488 1.0566 1.8915 1.8890 1.8881	≤ 40	-	40	47	53	60	65	70	-	27	31	35	39	43	47
		> 40 to ≤ 65	-	-	40	47	53	60	65	-	-	27	31	35	39	43
P275NL2 P355NL2 P460NL2 P690QL2	1.1104 1.1106 1.8918 1.8888	≤ 40	40	50	60	70	80	90	100	27	33	40	47	53	60	70
		> 40 to ≤ 65	-	40	50	60	70	80	90	-	27	33	40	47	53	60

6. ábra: Acélok ütőmunka értékei [10]

4.3. Számítógéppel támogatott tervezés

„A számítógéppel segített tervezés alatt (CAD – computer aided design) többféle, számítógépen alapuló módszert értünk, amely mérnökök és más, tervezéssel foglalkozó szakemberek tervezési tevékenységét segíti.” [14]

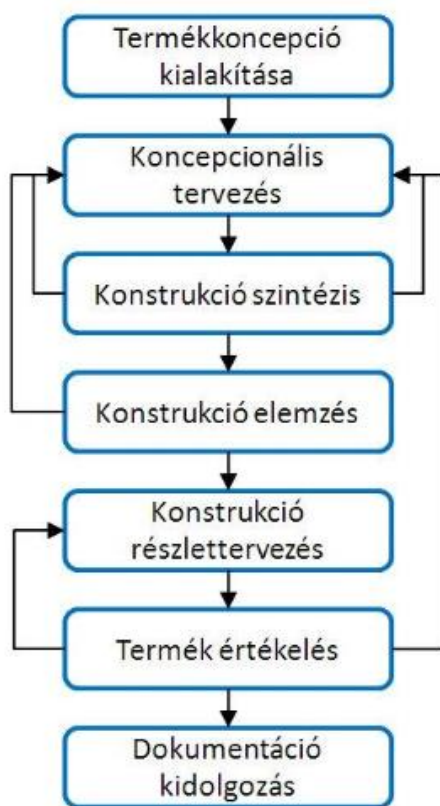
A CAD rendszerek kínálata igen sokrétű, számtalan különböző megoldás létezik a mérnökök és szakemberek számára. Alkalmazhatóságával kapcsolatban szintén elmondható, hogy közel minden tervezési terület kapcsán képes támogatást nyújtani. Dolgozatom során a különböző számítógépen alapuló módszerek közül a gépészeti tervezést támogató rendszerek alkalmazása lesz a hangsúlyos.

A modern gépészeti CAD rendszerek több közös funkcionális képességgel és jellemzővel bírnak. A munkám során számomra releváns funkciókat a következő felsorolás tartalmazza, a teljesség igénye nélkül:

- Parametrikus 3D térfogati modellezés, alaksajátosságok alapján
- Szabványos elemek létrehozása beépített elemtár alapján
- Komplex összeszerelések, alárendelt összeszerelésekkel és alkatrészekkel
- Műszaki rajz készítése, számos hatékonyabb munkavégzést eredményező funkcióval
- Asszociativitás: a térfogati modelleken végrehajtott változtatások megjelennek mind az összeszerelésekben, mind a műszaki rajzokon
- Automatikus darabjegyzés előállítás
- A modellek, rajzok és összeszerelések gördülékeny módosítása
- Anyagtulajdonságok megadása, fizikai jellemzők vizsgálata
- Lehetőség alkatrészek közötti interferenciák észlelésére szerelési környezetben [14]

4.3.1. A gépészeti tervezés folyamata

A gépészeti tervezés egy meglehetősen összetett folyamat. A tervezés különböző fázisait a 7. ábra kíván szemléltetni. Az alábbiakban ismertetem azokat a kulcsfontosságú részfolyamatokat, amelyek a munkám során irányadó szerepet töltenek be, és röviden kitérek arra is, hogy milyen formában jelennek meg a tervezési feladatomban.



7. ábra: „A gépészeti tervezés részfolyamatainak kapcsolata” [14]

A **termékkonceptió kialakítása** során megfogalmazódnak a különböző igények és a berendezés által ellátott funkciók. Ebben a fázisban szükséges felmérni a vonatkozó jogszabályi, műszaki és nem utolsó sorban gazdasági elvárásokat. A szakdolgozatom bevezetésében tárgyalt körülmények hatására az üzemeltető felismerte a szeparátor alkalmazásának szükségességét, és ennek eredményeként megszületett a beruházási döntés a berendezés megtervezésére.

A **konceptcionális tervezés** folyamán meg kell határozni a lehetséges műszaki megoldásokat, a működés elvét, szerkezeti felépítését és a működés alapját képező összefüggéseket. Az én tervezési folyamatomban ebben a technológiai tervek nyújtanak iránymutatást.

A **konstruktószintézis** fázisában a konceptcionális tervben meghatározott rendszer elemeire tagolódik. Meghatározásra kerülnek a részegységek, továbbá körvonalazódik az alkatrészek hozzávetőleges alakja, mérete és darabszáma is.

A **konstrukcióelemzés** során meghatározásra kerülnek a szerkezetre ható különböző igénybevételek, terhelések. Emellett szilárdságtani méretezéssel meghatározásra kerül minden szükséges geometriai méret, anyagjellemző. A szükséges kiinduló adatokat a technológiai tervek szolgáltatják.

A **részlettervezés** folyamán elkészül az egyes alkatrészek 3D térfogati modellje és a berendezés összeállítási modellje is.

A **termékértékelés** célja a berendezés megfelelőségének elbírálása. Esetemben az értékelés alapja a 3D összeállítási modell, amelyet az üzemeltető rendelkezésére bocsátok. A következő részfolyamat csak az üzemeltető jóváhagyása után kezdhető meg.

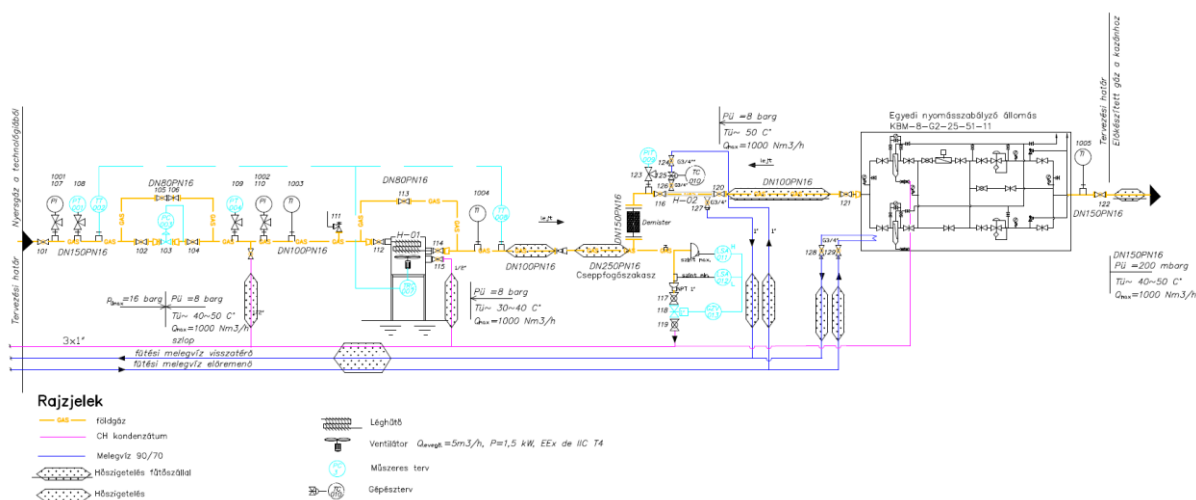
A **dokumentáció kidolgozása** során minden szükséges tervezési anyag elkészül. A véglegesítést követően előállítom az áttekintő tervet és az izometrikus csőterveket. [14]

5. Berendezés megtervezése

A berendezés megtervezésének folyamata elsősorban a vonatkozó szabványokban rögzített előírásokra és követelményekre épül, mivel ezek biztosítják a műszaki megfelelőséget és a gyakorlatban elvárt biztonsági szintet. A tervezés során ugyanakkor támaszkodtam az irodalom feldolgozás során ismertetett gépészeti tervezési módszertanra is, amely iránymutatást adott a lépések logikai sorrendjének kialakításához. Az alábbiakban részletesen kifejtem a tervezési folyamat egyes szakaszait.

5.1. A koncepció kialakítása

A berendezés fő célja olyan fűtőgáz előállítás nyersgázból, amely megfelel a kívánt minőségi követelményeknek, és alkalmas helyi energetikai felhasználásra. A berendezés működésével kapcsolatos igényeket a beruházó határozza meg, míg a technológus tervező a megadott követelmények alapján elkészíti a részletes technológiai terveket. A gépészeti tervezés alapját a rendelkezésemre álló technológiai tervek biztosítják, amelyet a 8. ábra kíván szemléltetni.



8. ábra: Technológiai kapcsolási terv

A gépészeti tervezés során elengedhetetlen a technológiai dokumentáció szakszerű értelmezése, hiszen csak így lehetséges a berendezés konstrukcióját a technológiai követelményekhez igazítani. Emellett létfontosságú, hogy kellő ismeretekkel rendelkezzen azokról a folyamatokról is, amelyek a tervezett berendezésben zajlanak, mivel ezek határozzák meg a működés alapvető feltételeit, a terheléseket és a kialakítandó gépészeti megoldásokat. A

technológiai tervek értelmezése és a folyamatok ismerete együttesen teszik lehetővé, hogy a megvalósítandó konstrukció mind műszaki, mind biztonsági szempontból megfelelő legyen.

A folyamat a tervezési határon kezdődik, ahol a részben folyadék-, részben gázfázisú szénhidrogén közeg belép a berendezésbe. A folyamat során számos ponton találhatók nyomás- és hőmérsékletmérő műszerek, melyek helyi jelzőórával vagy távadóval rendelkeznek.

A rendszer első fő egysége egy nyomásszabályozó szelep [15], amely nyomáscsökkentő feladatot lát el. A nyomás csökkenése során a közeg hűl, és a magas rendszámú szénhidrogén komponensek kondenzálódnak. A kondenzátum leürítésére több ponton leágazások állnak rendelkezésre, emellett a csőszakaszok enyhe lejtése is elősegíti a folyadékfázisú anyagok távozását a berendezésből. A nyomáscsökkentő szelep meghibásodásának esetére egy kézi fojtószeleppel ellátott kerülőág is rendelkezésre áll.

A következő fő elem a gázhűtő, ahol a közeg tovább hűl, és további kondenzátum keletkezik. A tervezés során figyelembe lett véve az az eshetőség is, hogy a külső hőmérséklet olykor olyan alacsony lehet, hogy nincs szükség a közeg további hűtésére. Ilyen esetekben a rendszerben található kerülőág biztosítja a folyamatos áramlást anélkül, hogy a közeg túlhűlne. Fontos megjegyezni, hogy a gázhűtő kereskedelmi forgalomban beszerezhető egység, amelyet a beruházó biztosít, így annak megtervezése nem tartozik a feladatkörömbé.

A berendezés következő része a cseppfogó szakasz, amely a közeg áramlási sebességének lelassítását szolgálja. A közeg áramlási sebességének csökkentését a keresztmetszet fokozatos növelésével biztosítja a csőszakasz. Ennek eredményeként a közeg lelassul, így a közegben található folyadékcseppek is lelassulnak. Mivel már nem rendelkeznek jelentős horizontális sebességgel, a folyadékcseppek nagy része nem sodródik tovább a közeggel, hanem leesik és a cseppfogóban összegyűlt kondenzátum automatikusan leeresztésre kerül. A berendezésben további egységként egy mágnesszelep is található, amely maximális és minimális szintérzékelőkkel együtt szabályozza a folyékony közeg megfelelő távozását.

A következő fő egység a cseppleválasztó (demister). Feladata a közegben maradt folyadékcseppek megfogása, amely egy drótháló segítségével valósul meg.

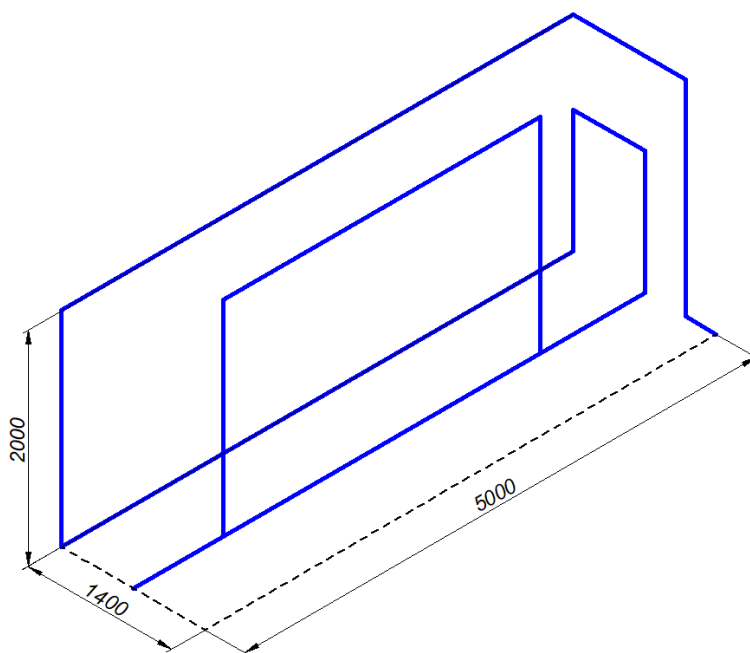
Ezután a közeg egy hőcserélőn halad keresztül, ahol felmelegszik, és a maradék folyékony halmazállapotú közeg is gáz halmazállapotúvá alakul. Az immár megtisztított, energetikai célra

alkalmas gázközeg a nyomásszabályzó állomásba érkezik, amely szintén kereskedelmi termék, így annak megtervezése sem tartozik a feladatkörömbé.

5.2. Koncepcionális tervezés

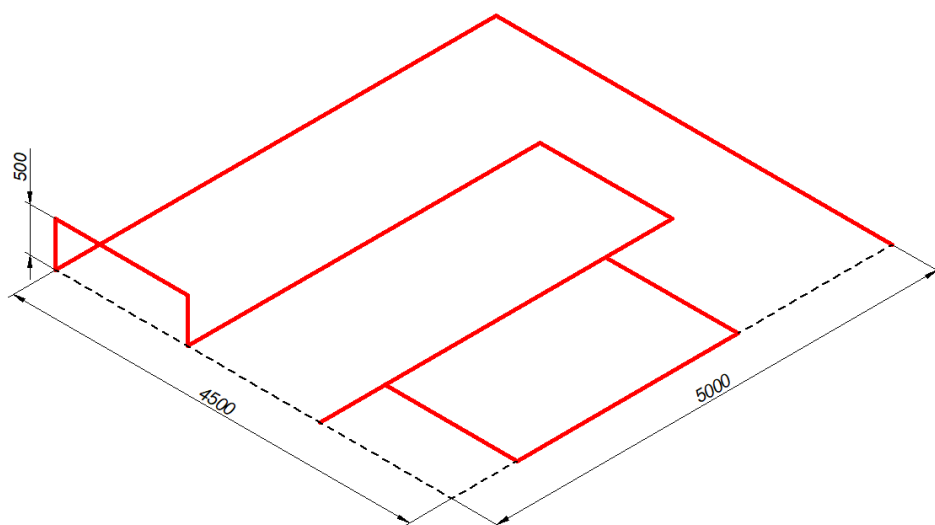
A koncepcionális tervezés folyamata során a legfontosabb mérlegelendő kérdés a berendezés szerkezetének felépítésével kapcsolatos volt. A fő kérdés a csőnyomvonalak elrendezését illette. Az ipari gyakorlatban jellemzően kétféle elrendezési módot alkalmaznak. Az egyik a függőleges elrendezés, a másik a vízszintes elrendezés. A csőnyomvonalak elvi kialakítását és a két elrendezési formát a 9. ábra, illetve a 10. ábra mutatja meg.

A függőleges elrendezésű csőszakaszok elsődleges előnye, hogy kisebb alapterületet igényelnek. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy jelenlegi tervezési feladatunk keretében, a szeparátorban a gravitáció hatása a függőleges elrendezés esetén erőteljesebb, ami elősegíti a folyadékfázisú közeg leválasztását, így annak eltávolítása a rendszerből könnyebben valósul meg. Hátránya azonban, hogy a magasabb csőszakaszokhoz való hozzáférés nehezebb, ami különösen lényeges szempont lehet, ha a karbantarthatóság egyszerűségének biztosítása a cél. Emellett a függőleges elrendezés esetén különösen fontos mérlegelni a csőszakaszok megfelelő alátámasztásának és rögzítésének lehetőségeit, mivel ezen elrendezésnél a szerkezeti stabilitás biztosítása kiemelt jelentőségű.



9. ábra: Függőleges elrendezés

A vízszintes elrendezésű csőszakaszok fő előnye, hogy a karbantartás és a szerelés könnyebben elvégezhető, mivel a csővezetékekhez való hozzáférés egyszerűbb és biztonságosabb tud lenni. Ezenfelül a vízszintes elrendezés esetén elegendő egy viszonylag egyszerű, kevésbé összetett tartószerkezet kialakítása. Hátránya viszont, hogy nagyobb alapterületet igényelnek, és a gravitációs hatás kevésbé érvényesül, így a folyadékfázisú közeg leválasztása nehezebb lehet.



10. ábra: Vízszintes elrendezés

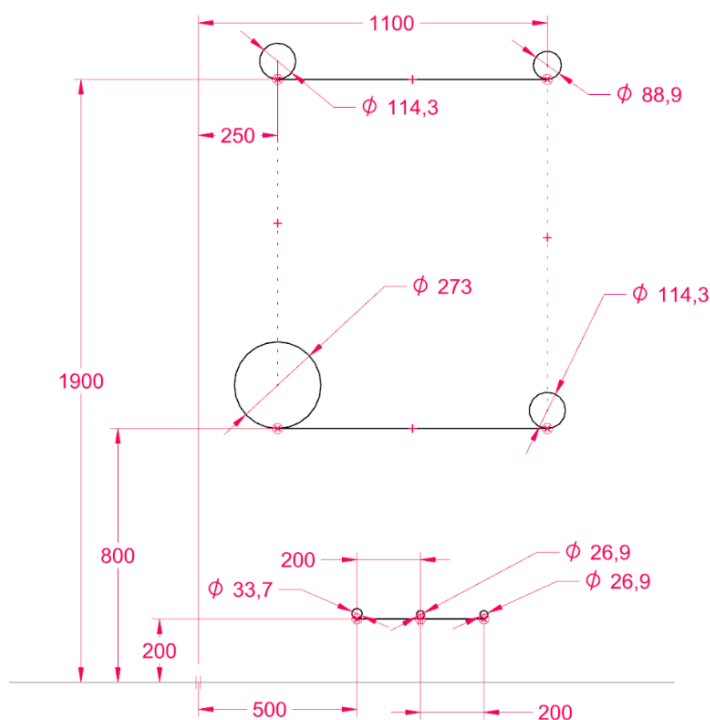
A rendelkezésre álló alapterület 7600×2700 milliméter volt, amely jelentősen behatárolta a lehetséges kialakítási alternatívákat. A megrendelővel folytatott egyeztetések során végül egyértelművé vált, hogy a rendelkezésre álló hely sajátosságaihoz igazodva, figyelembe véve a biztonsági és technológiai szempontokat, a függőleges elrendezésű kialakítás jelenti a helyes megoldást.

5.3. Konstruktívszintézis

A technológiai terv áttekintésével összeállítottam a berendezéshez szükséges szerelvények és gépészeti elemek listáját. A legtöbb komponens 3D modelljét a gyártók által biztosított elemtárakból töltöttem le, míg néhány elemet szükség szerint saját magam modelleztem le. Ezekből a modellekből felépítettem egy olyan tervezési adatbázist a projekt számára, amely lehetővé tette a berendezés pontosabb és hatékonyabb megtervezését. Az adatbázis segítségével biztosítható volt, hogy a felhasznált elemek megfeleljenek a szükséges műszaki

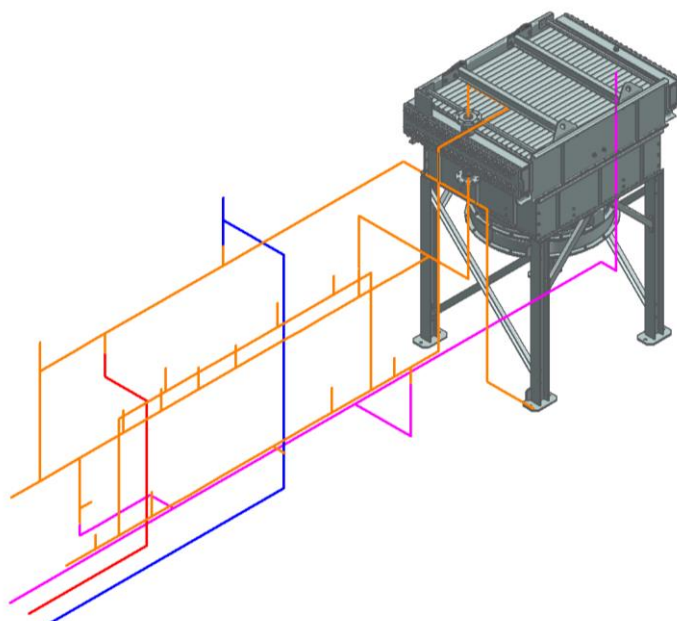
követelményeknek, valamint átlátható módon kezelhetőek legyenek a későbbi tervezési fázisok során.

A tervezési adatbázis birtokában megkezdtem a csőnyomvonal kidolgozását, valamint az egyes szerelvények és kiegészítő elemek elhelyezését, amelyhez Solid Edge 2019 Academic szoftvert használtam. Mielőtt azonban a tényleges nyomvonal és szerelvények elhelyezkedésének a megtervezésére sor került volna, az ismert külső átmérők figyelembevételével elkészítettem egy előzetes vázlatot a csőkeresztmetszetekről. Ez a vázlat segítséget nyújtott abban, hogy meghatározzam a csővezetékek középpontjainak pontos pozícióját. Ez a lépés azért volt fontos, mert biztosította, hogy a csővezetékek alátámasztását szolgáló, később kialakítandó tartószerkezet egyszerűbb kialakítással megvalósítható legyen. A keresztmetszetek vázlatát a 11. ábra tartalmazza.



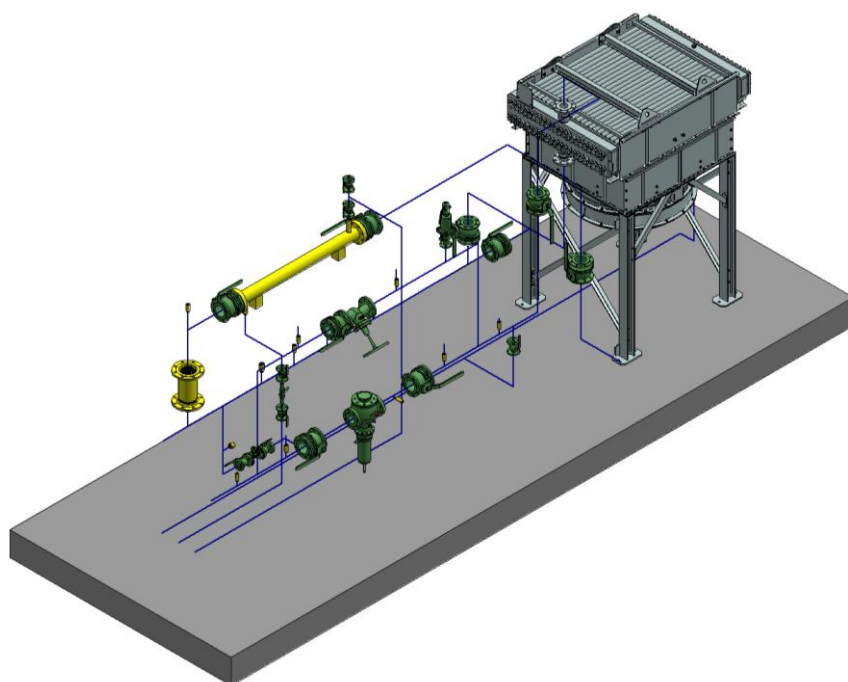
11. ábra: Csőkeresztmetszetek vázlata

A keresztmetszetek definiálása után, nekiláttam a nyomvonal részletesebb megtervezéséhez. A főágakat úgy alakítottam ki, hogy azok középvonala pontosan egybeessen a keresztmetszetek középpontjával. A nyomvonalakat 3D vázlatként hoztam létre, melynek elrendezését a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra: Csőnyomvonal vázlata

A fenti ábrán látható gázhűtőt a beruházó biztosította, ezért a csővezetékek középvezonlát ennek figyelembevételével, a berendezéshez igazodva alakítottam ki. Fontos kiemelni, hogy a nyomvonal elrendezése, geometriai méretei a tervezés szinte minden fázisa során változott, folyamatosan formálódott az adott igényekhez. Bár a 12. ábra egy már végső fázisban lévő 3D vázlatot ábrázol, a módszer szemléltetésére így is megfelelő.



13. ábra: Elemek hozzávetőleges elhelyezkedése

Ezt követően létrehoztam egy betonalap modellt, amelynek méretei megegyeztek a rendelkezésre álló alapterülettel. Emellett elhelyeztem a főbb szerelvényeket és a mérőműszerek csatlakozási pontjait. Ennek eredményeként nagyrészt körvonalazódott a nyomvonal pontosabb elrendezése, illetve az egyes szerelvények pozíciója. A 13. ábra a tervezési folyamat ezen fázisának szemléltetésére szolgál.

5.4. Konstrukcióelemzés

A konstrukcióelemzés során a két legfontosabb lépés az anyagválasztás és a szilárdságtani méretezés volt.

5.4.1. Az alkalmazott anyag

A tervezési folyamat során az MSZ EN 13480 szabványcsomagra támaszkodtam. Az anyagválasztás folyamatát a 4.2-es fejezetben már ismertettem, így jelen esetben csak a döntés főbb részleteit emelem ki. A kiválasztás alapját az MSZ EN 13480-2:2025 szabvány A melléklete képezte, amely tartalmazza az alkalmazható, jóváhagyott anyagokat. Bár a berendezés műszaki követelményeinek teljesítésére a P235GH anyagminőség is megfelelő lett volna, a megrendelővel folytatott egyeztetések alapján végül a P355NH alkalmazása mellett döntöttem. Ennek oka elsősorban az volt, hogy az üzem korábbi projektjeiből jelentős mennyiségű tartalékkészlettel rendelkezett ebből az anyagból, ami gazdasági szempontból kedvezőbb megoldást jelentett.

No	Product form	European Standard	Material description	Grade	Material number	Heat treatment conditions
188	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	X11CrMo9-1 + NT	-	NT, QT °C
189	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	14MoV6-3	1.7715	NT, QT °C
190	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	20CrMoV13-5-5	1.7779	QT
191	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	X10CrMoVNb9-1	-	NT, QT °C
192	seamless tube	EN 10216-2	elevated temperature properties	X20CrMoV11-1	-	NT, QT °C
193	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P275NL1	-	N
194	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P275NL2	-	N
195	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P460NL2	-	N °C
196	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355N	-	N
197	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355NH	-	N
198	seamless tube	EN 10216-3	fine grain steel	P355NL1	-	N

14. ábra: Részlet az MSZ EN 13480-2:2025 szabvány A mellékletéből [11]

A 14. ábra az MSZ EN 13480-2:2025 szabvány A mellékletének egy részletét szemlélteti, amelyből világoskékkel kiemelttem az általam kiválasztott anyagot. A táblázat tartalmazza az adott anyagra vonatkozó szabványt is, amely az MSZ EN 10216-3. Ez a dokumentum határozza meg a P355NH anyag mechanikai tulajdonságait a falvastagság függvényében, amelyeket a 15.

ábra részletesen bemutat. Amennyiben a falvastagság értéke nem haladja meg a 12 millimétert, a P355NH acél felső folyáshatárának minimum értéke 355 MPa. A szakítószilárdság ebben az esetben 490–650 MPa tartományba esik. A szilárdsági méretezés során a biztonság érdekében a 490 MPa minimális értékkel végeztem a számításokat.

Steel grade		Heat Treatment condition	Tensile properties														
Steel name	Steel number		Upper yield strength or proof strength R_{eH} or $R_{p0.2}$ min.						Tensile strength R_m				Elongation ^a A				
			for wall thickness T in mm						for wall thickness T in mm				min.				
			≤ 12	> 12 to ≤ 20	> 20 to ≤ 40	> 40 to ≤ 50	> 50 to ≤ 65	> 65 to ≤ 80	> 80 to ≤ 100	≤ 20	> 20 to ≤ 40	> 40 to ≤ 65	> 65 to ≤ 100	l	t		
		MPa *						MPa *				(%)					
P 275 NL 1 P 275 NL 2	1.0488 1.1104	+N	275			265	255	245	235	390 to 530		390 to 510		360 to 480		24	22
P 355 N P 355 NH	1.0562 1.0565	+N ^b	355	345	335	325	315	305	490 to 650		490 to 630		450 to 590		22	20	
P 355 NL 1 P 355 NL 2	1.0566 1.1106	+N															

15. ábra: A kiválasztott anyag mechanikai tulajdonságai [10]

5.4.2. Szilárdságtani méretezés

A szilárdságtani méretezést a 4.1.2-es fejezetben ismertetett módszertan szerint végeztem el, amelyhez a szükséges összefüggéseket az MSZ EN 13480-3:2025 szabvány biztosította. A szilárdságtani méretezéshez szükséges legfontosabb kiindulási adatokat a technológiai terv szolgáltatta. Ezek közé tartoztak többek között a csőszakaszok névleges átmérői, valamint a tervezési nyomás értéke, amelyek alapvető szerepet játszottak a további számításokban.

A tervezési nyomás minden csőszakasz esetében 16 bar értékű. Az alábbiakban a DN 20 névleges átmérőjű csőszakasz szilárdságtani számításainak részletes levezetését mutatom be, amely szemlélteti a méretezési folyamat pontos menetét.

Kiindulási adatok:

Névleges méret: DN 20

Anyagminőség: P355NH

$R_{eH t} = 355 \text{ MPa}$

$R_m = 490 \text{ MPa}$

$D_o = 26,9 \text{ mm}$

$p_c = 16 \text{ bar}$

A tervezési feszültség értékét a következő összefüggés segítségével állapítottam meg:

$$f = \min \left\{ \frac{R_{eHt}}{1,5} \text{ vagy } \frac{R_{p0,2t}}{1,5}; \frac{R_m}{2,4} \right\}$$

$$f = \min \left\{ \frac{355}{1,5} \text{ vagy } \frac{355}{1,5}; \frac{490}{2,4} \right\} = \min \{ 236,67 \text{ vagy } 236,67; 204,17 \} = \underline{204,17 \text{ MPa}}$$

A becsült falvastagság értékének a legkisebb elérhető méretet vettem fel, amelynek forrása az MSZ EN 10216-3:2014 szabvány 8. számú táblázata.

$$e_b = 2 \text{ mm}$$

Ezt követően meghatároztam a becsült belső átmérőt:

$$D_{ib} = D_o - 2 \cdot e_b = 26,9 - 2 \cdot 2 = \underline{22,9 \text{ mm}}$$

A következő lépés a számítási módszer kiválasztása volt, amely során az ismert külső átmérő és a becsült belső átmérő hányadosát vizsgáltam. Amennyiben az érték nem haladja meg az 1,7-et, a kazánformula alkalmazása indokolt, míg nagyobb hányados esetén a Lamé-egyenlet használata szükséges.

$$\frac{D_o}{D_{ib}} = \frac{26,9}{22,9} = \underline{1,17}$$

$$1,17 \leq 1,7 \rightarrow \text{Kazánformula}$$

A külső és a becsült belső átmérő arányának vizsgálata alapján meghatároztam, hogy a számítás során a kazánformula alkalmazása szükséges.

A kazánformula alapján a számított falvastagság:

$$e = \frac{p_c \cdot D_o}{2 \cdot f_z + p_c} = \frac{16 \cdot 0,1 \cdot 26,9}{2 \cdot 204,17 + 16 \cdot 0,1} = \underline{0,10 \text{ mm}}$$

A hajlítási ív meghatározása a következő módon történt:

$$R = 1,5 \cdot D_o = 1,5 \cdot 26,9 = \underline{40,35 \text{ mm}}$$

A számított belső falvastagság:

$$e_{int} = e \cdot \frac{\frac{R}{D_o} - 0,25}{\frac{R}{D_o} - 0,5} = 0,10 \cdot \frac{\frac{40,35}{26,9} - 0,25}{\frac{40,35}{26,9} - 0,5} = \underline{0,13 \text{ mm}}$$

A számított külső falvastagság:

$$e_{ext} = e \cdot \frac{\frac{R}{D_o} + 0,25}{\frac{R}{D_o} + 0,5} = 0,10 \cdot \frac{\frac{40,35}{26,9} + 0,25}{\frac{40,35}{26,9} + 0,5} = \underline{0,09 \text{ mm}}$$

A valós falvastagságok meghatározásához szükséges volt a pótlékok ismerete. A korróziós pótlék (c_0) a technológiai terv alapján 2 mm, a megmunkálási tűrés (c_2) értéke pedig az alábbiak szerint alakult.

Alap esetben a megmunkálási tűrés meghatározása a következő:

$$c_{2e} = e - e_{ext} = 0,10 - 0,09 = \underline{0,01 \text{ mm}}$$

Azonban, az MSZ EN 10253-2 szabvány megkülönböztet A és B típusú idomokat. Az A típus esetében a falvastagság, míg a B típusnál a belső nyomásra való terhelhetőség garantált.

A megrendelő előző projektjeiből számottevő mennyiségű tartalékkészlet maradt fenn, amely között B típusú csőívek is találhatóak. Ezen típus legfontosabb jellemzője, hogy testük megnövelt falvastagsággal készül, ennek köszönhetően képesek megegyező nyomást elviselni, mint az ugyanolyan névleges átmérőjű, falvastagságú és anyagminőségű csövek. Mindez azt eredményezi, hogy a B típusú csőívek esetében a megmunkálási tűrés által biztosított falvastagság növekménnyel nem szükséges számolni. [16] Ennek figyelembevételével a megmunkálási tűrés értéke:

$$c_2 = 0 \text{ mm}$$

A cső előzetes negatív gyártási tűrését a következő összefüggés segítségével határoztam meg:

$$c_{1b} = \max\{e_b \cdot 0,125 ; 0,4\} = \max\{2 \cdot 0,125 ; 0,4\} = \max\{0,250 ; 0,4\} = \underline{0,4 \text{ mm}}$$

A szükséges falvastagság előzetes értéke:

$$e_{rb} = e + c_0 + c_{1b} + c_2 = 0,1 + 2 + 0,4 + 0 = \underline{2,50 \text{ mm}}$$

A rendelési falvastagság előzetes értéke a 16. ábra alapján:

$$e_{ord b} = 2,6 \text{ mm}$$

Outside diameter D			Wall thickness T																			
Series ^a			1,6	1,8	2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4	4,5	5	5,6	6,3	7,1	8	8,8	10	11	12,5	14,2
10,2																						
	12																					
	12,7																					
13,5																						
	14																					
	16																					
17,2																						
	18																					
	19																					
	20																					
21,3																						
	22																					
	25																					
	25,4																					
26,9																						
	30																					

16. ábra: Elérhető falvastagságok a külső átmérő függvényében [10]

A rendelési falvastagság ismeretének birtokában ellenőrzöm a negatív gyártási tűrés értékét:

$$c_1 = \max\{e_{ord\ b} \cdot 0,125 ; 0,4\} = \max\{2,6 \cdot 0,125; 0,4\} = \max\{0,325; 0,4\} = \underline{0,4\ mm}$$

Mivel a negatív gyártási tűrés ebben az esetben nem módosult, az így kapott érték a végleges eredménynek tekinthető.

Ennek következményeként a szükséges falvastagság, valamint a rendelési falvastagság értéke is megegyezik a korábban meghatározott előzetes számítási eredményekkel.

$$e_r = e_{rb} = 2,5\ mm$$

$$e_{ord} = e_{ord\ b} = 2,6\ mm$$

Következő lépésként szükséges a vizsgálati falvastagság értékének meghatározása is:

$$e_a = e_{ord} - c_0 - c_1 - c_2 = 2,6 - 2 - 0,4 - 0 = \underline{0,2\ mm}$$

Végül, a végleges rendelési falvastagság figyelembevételével ellenőrztem, hogy a számítás során alkalmazott módszer helyesen került-e megválasztásra:

$$D_i = D_o - 2 \cdot e_{ord} = 26,9 - 2 \cdot 2,6 = \underline{21,7\ mm}$$

$$\frac{D_o}{D_i} = \frac{26,9}{21,7} = \underline{1,24}$$

$$1,24 \leq 1,7 \rightarrow \text{Kazánformula}$$

Ellenőrzés céljából meghatároztam a valós fellépő feszültség értékét:

$$f = \frac{p_c \cdot (D_o - e_a)}{2 \cdot e_a} = \frac{16 \cdot 0,1 \cdot (26,9 - 0,2)}{2 \cdot 0,2} = \underline{106,8 \text{ MPa}}$$

Ezt követően kiszámítottam a valós biztonsági tényezőket, és ellenőriztem, hogy értékük megfelel-e a követelményeknek.

A valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva:

$$SF_{R_{eHt}} = \frac{R_{eHt}}{f} = \frac{355}{106,8} = \underline{3,32}$$

$$3,32 > 1,5 \rightarrow \text{Megfelel}$$

A valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva:

$$SF_{R_m} = \frac{R_m}{f} = \frac{490}{106,8} = \underline{4,59}$$

$$4,59 > 2,4 \rightarrow \text{Megfelel}$$

Ezek alapján megállapítható, hogy a végleges rendelési falvastagság meghatározása helyesen történt, értéke 2,6 mm.

A tervezési feladat részeként összesen kilenc darab, különböző névleges átmérőjű csőszakasz szilárdsági méretezését hajtottam végre. A számítások elvégzését jelentősen megkönnyítette egy saját készítésű Excel számolótábla, amelyet kifejezetten a feladathoz igazítva állítottam össze. A számolótáblákat és az eredményeket terjedelmi korlátok miatt mellékletként mutatom be. A táblázat felépítése a korábban ismertetett metodikára épül, a szükséges bemeneti adatok megadása után automatikusan végrehajtja többek között a tervezési feszültség, a szükséges falvastagság, valamint a vizsgálati falvastagság meghatározását. Emellett lehetővé teszi a végső rendelési falvastagság pontos rögzítését és annak megfelelőségének az ellenőrzését is.

A számolótábla használatának előnye, hogy egységes keretrendszerbe foglalja a különböző átmérőjű csőszakaszok méretezését, ezáltal a hibalehetőségeket csökkenti, a folyamat átláthatóságát és reprodukálhatóságát pedig növeli. Ennek köszönhetően a teljes méretezési feladat a kézi számításokhoz képest lényegesen gyorsabban és strukturáltabban valósult meg.

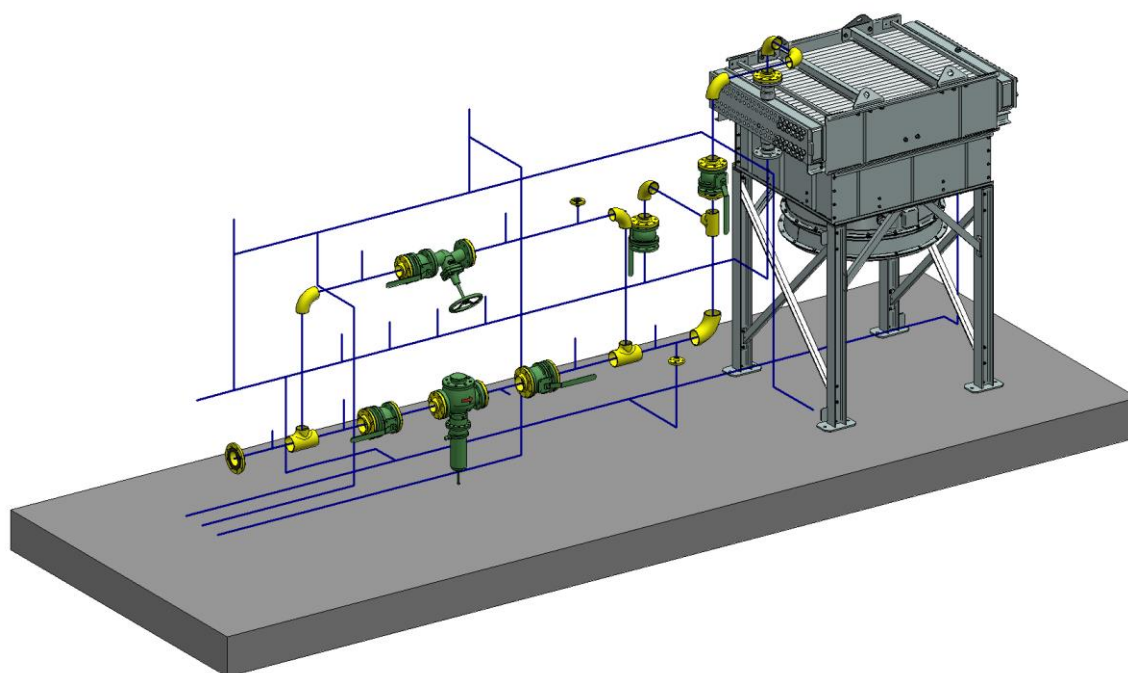
Az 1. táblázat bemutatja a különböző névleges átmérőjű csőszakaszhoz tartozó, rendelési falvastagság értékeket, illetve a valós biztonsági tényezőket. A számolótábla teljes tartalma az 1. mellékletben található.

Névleges átmérő	Rendelési falvastagság [mm]	SF_{ReHt}	SF_{Rm}
DN 20	2,6	3,32	4,59
DN 25	2,6	2,65	3,66
DN 40	2,6	1,85	2,55
DN 50	2,9	3,71	5,12
DN 80	3,2	4,03	5,56
DN 100	3,6	4,51	6,23
DN 150	4,5	5,17	7,13
DN 200	6,3	7,23	9,98
DN 250	6,3	5,00	6,9

1. táblázat: Rendelési falvastagságok és a biztonsági tényezők

5.5. Részlettervezés

Az egyes csőszakaszok falvastagságának és anyagának meghatározása után megkezdtem a berendezés 3D modelljének elkészítését.

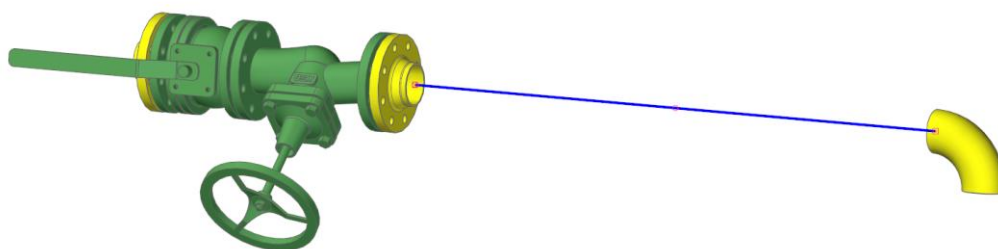


17. ábra: Az első csőszakasz főbb elemei

A rendszert különálló csőszakaszokra bontottam, ami jelentősen hozzájárult a későbbi dokumentáció, valamint az összeszerelési folyamat áttekinthetőségéhez és egyszerűbb kezeléséhez. Ezt a felosztást úgy valósítottam meg, hogy a fő összeállításon belül az egyes csőszakaszok önálló alszerelésként szerepeltek.

Az első csőszakasz szerelésébe minden olyan elemet beillesztettem, amely szükséges volt az őket összekötő acélcsövek pontos modellezéséhez. Ide tartoznak az egyes szerelvények, csőelemek, tömítések, valamint az MSZ EN 1092-1 szabvány szerint kialakított karimák. [17] Az egyes elemek elhelyezése során kiemelt szempont volt a hegesztési varratok torlódásának megelőzése. Ennek érdekében ügyeltem arra, hogy két egymáshoz közeli varrat között mindig megfelelő távolság maradjon. Az általános ipari gyakorlatnak megfelelően ez a távolság legalább 100 milliméter, vagy a cső névleges átmérőjének értéke kellett legyen, a kettő közül mindig a nagyobb értéket figyelembe véve. Ennek köszönhetően a szerkezet szilárdsága változatlan maradt, ugyanis nem állt fenn annak a veszélye, hogy az egymáshoz túl közel elhelyezett varratok gyengítő hatása miatt a szerkezet teherbíró képessége csökken. Az előírt szabályok szerint elhelyezett elemeket a 17. ábra szemlélteti.

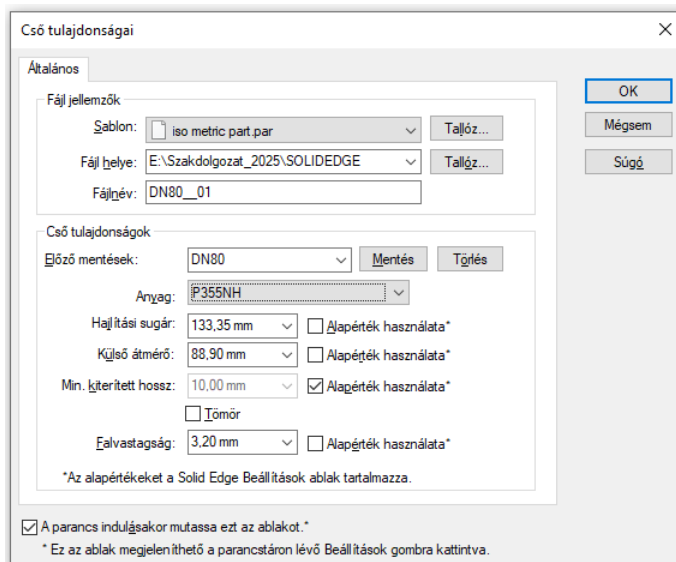
A csövek kialakítását a Solid Edge XpresRoute moduljával végeztem, amely kifejezetten csővezetékek modellezésére szolgál. Az egyes csőszakaszok alapját egyszerű vonalszakaszok adták, amelyek két vége közvetlenül a kapcsolódó elemekhez illeszkedett, ahogyan ezt a 18. ábra is mutatja.



18. ábra: Elemek közötti vonalszakaszok

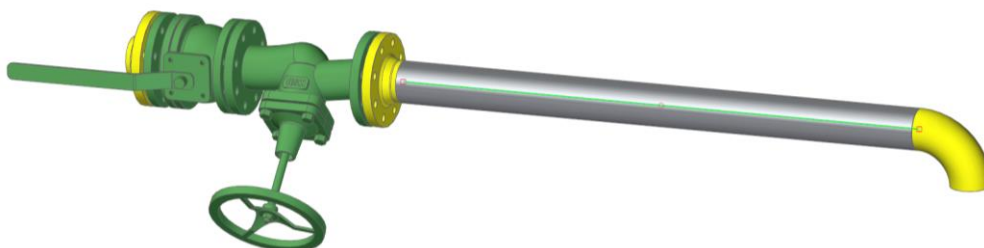
A hagyományos módszerrel, külön alkatrészként létrehozott, előre meghatározott hosszúságú csőszakaszokkal szemben ennek a megoldásnak az előnye, hogy a későbbi változtatásokhoz stabilan és rugalmasan képes alkalmazkodni. Amennyiben a csőszakaszt befoglaló két elem

egymáshoz viszonyított pozíciója módosul, a szakasz automatikusan újragenerálódik, így az összeszerelésben mindig a megfelelő hosszal jelenik meg.



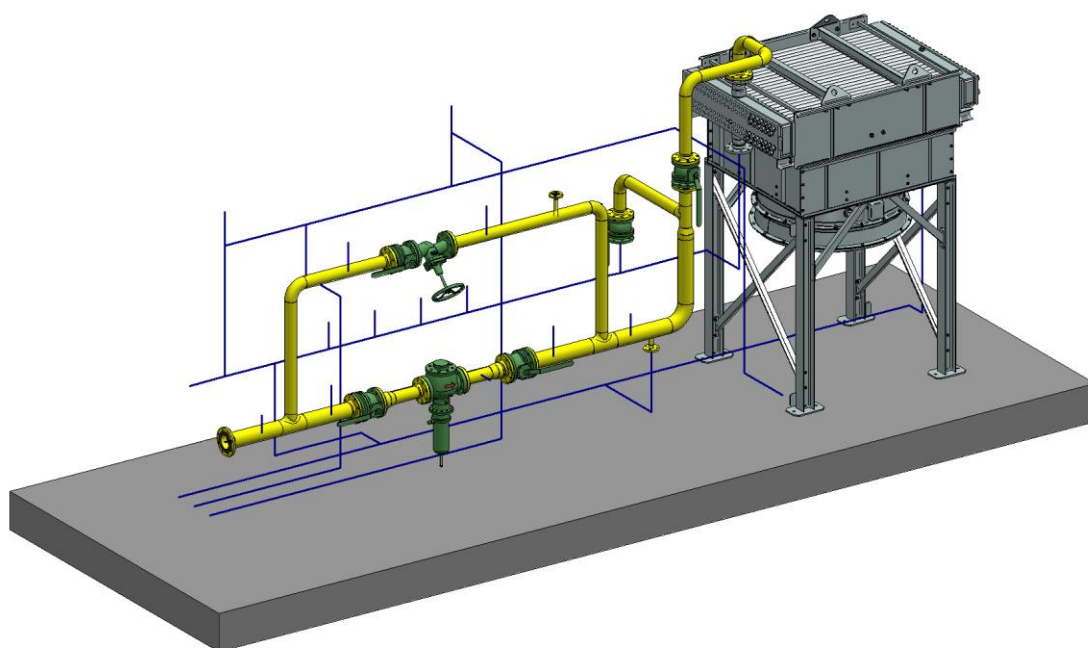
19. ábra: A csővezeték létrehozásához szükséges információk

A csővezeték létrehozásához a vonalszakasz mellett további adatok megadása is szükséges, többek között az anyagminőség, a külső átmérő és a falvastagság értéke. Ezek megadására szolgáló párbeszédablakot a 19. ábra szemlélteti. Amint minden szükséges paraméter rögzítésre kerül, elkészül a csővezeték, amelyet a 20. ábra mutat be.



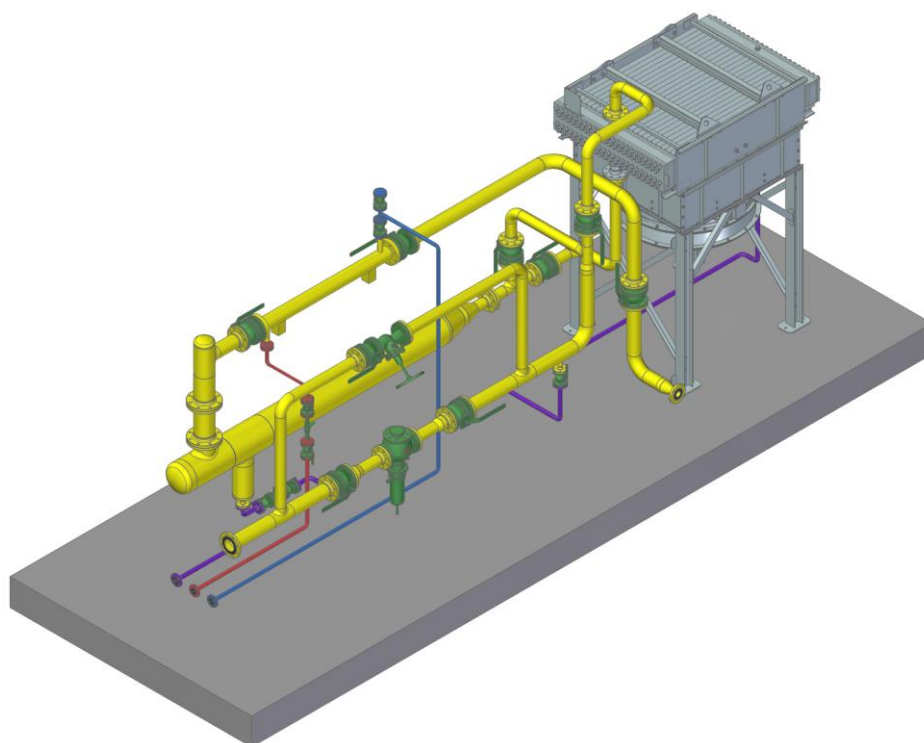
20. ábra: A létrehozott csővezeték

Ezzel a módszerrel készítettem el az első csőszakason belül az összes további csővezeték is. A modellezés során folyamatosan ügyeltem arra, hogy minden egyes cső megfelelő paraméterekkel rendelkezzen, tehát a falvastagság, az átmérő és az anyagminőség pontosan a tervezett értékeknek feleljen meg. Az első csőszakasz, amely már tartalmazza az összes elkészült csővezeték, a 21. ábra segítségével kerül bemutatásra.



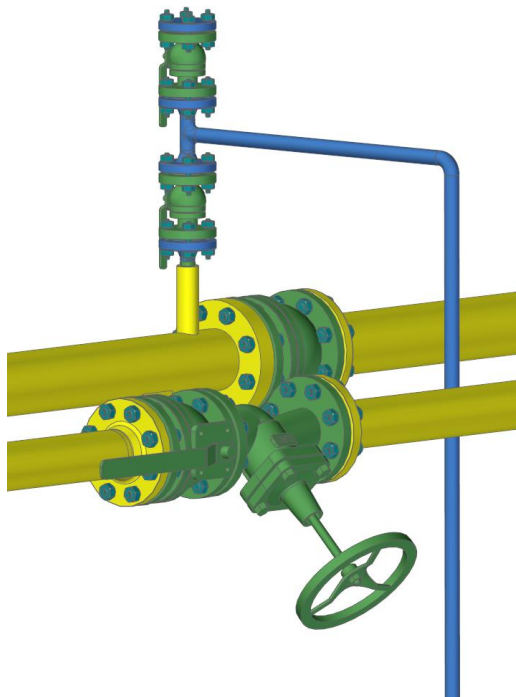
21. ábra: Az elkészült csővezetékeket tartalmazó első csőszakasz

Az eddig ismertetett módszer alkalmazásával mind a hét csőszakasz elkészült, mely kialakítását a 22. ábra mutatja be. A tervezés során az egyes elemeket gondosan elhelyeztem, míg az összekötő csővezetékeket a Solid Edge XpresRoute moduljával hoztam létre.



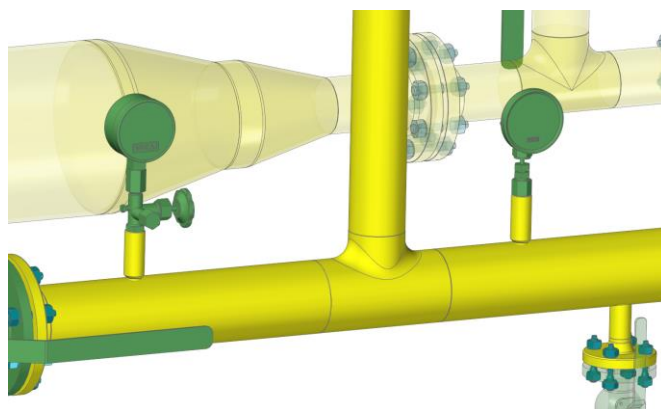
22. ábra: Az elkészült csővezetékeket tartalmazó berendezés

A munkafolyamat következő lépéseként a kötőelemeket helyeztem el, amelyek a nyomástartó edényekre vonatkozó előírásoknak megfelelően DIN 2510 szabvány szerinti szegcsavarokból és a hozzájuk tartozó anyacsavarokból álltak.



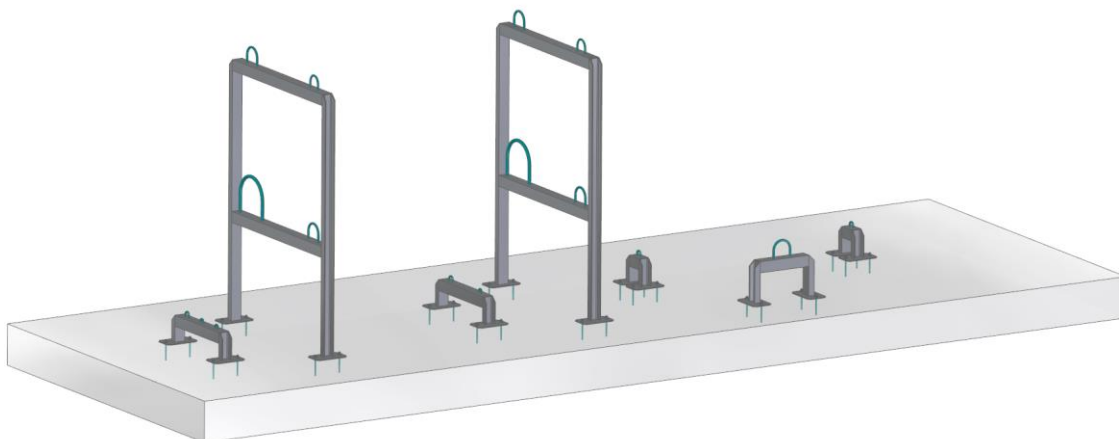
23. ábra: Kötőelemek

Ezt követően elhelyeztem az összes mérőműszer csatlakozási pontját biztosító csatlakozó szemölcsöket, manométerszelepeket, védőcsöveket, valamint magukat a mérőműszereket is. Továbbá minden egyéb szükséges kiegészítő elem is bekerült a csőszakaszok összeállításába.



24. ábra: Mérőműszerek

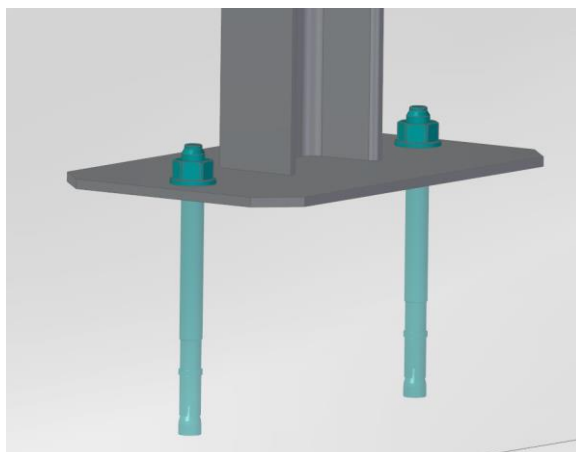
A 24. ábra bal oldalán egy manométer, míg jobb oldalán egy bimetál hőmérő látható, mindkettő a hozzájuk tartozó megfelelő kiegészítővel.



25. ábra: Tartószerkezetek

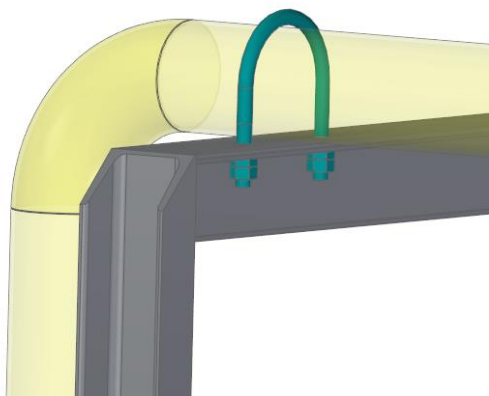
A csőszerkezet biztonságos és stabil megtámasztásához szükség volt megfelelő tartószerkezetek kialakítására. Ezeket a szerkezeteket a csőszakaszokhoz hasonló módon külön alszerelésekben hoztam létre, ami ebben az esetben is a későbbi dokumentációt és a kezelhetőséget könnyítette meg. A tartószerkezetek fő elemei S235JR anyagminőségű idomacélból készültek. A főoszlopok U profilból álltak, míg a keresztrudak L profil felhasználásával valósultak meg. Az alátámasztás feladatát összesen hét darab tartószerkezet látta el, amelyek öt különböző kialakítási formában készültek el. A részletes elrendezést és a tartószerkezetek változatait a 25. ábra szemlélteti.

A betonozott alaphoz való megfelelő rögzítés érdekében minden tartószerkezetet az MSZ EN 10025-2 szabvány szerinti, S235JR anyagminőségű talplemezzel láttam el. [18] A talplemezek, és ezáltal az egész tartószerkezet rögzítését horgonycsapok beépítésével valósítottam meg.



26. ábra: A beépített horgonycsapok

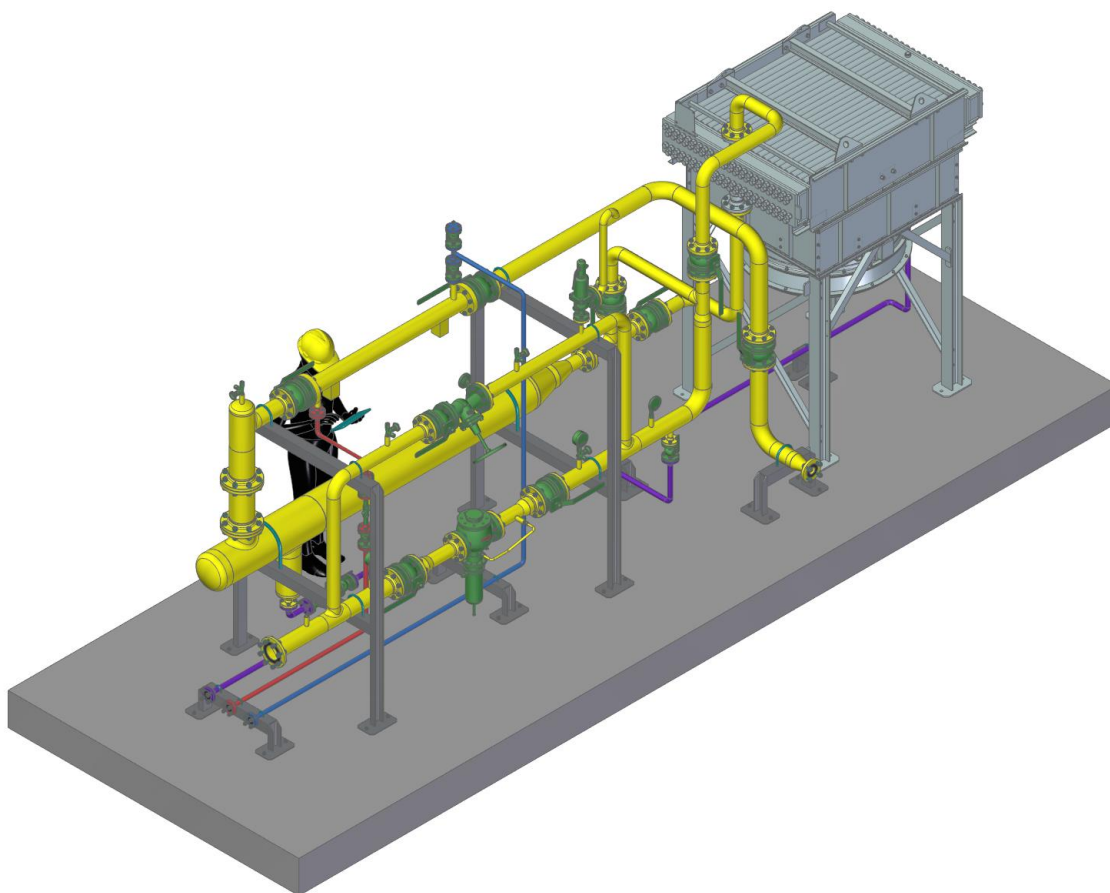
A csővezetékek rögzítése a keresztrudakon valósult meg, csőkengyelek alkalmazásával.



27. ábra: Az alkalmazott csőkengyel

5.6. Termékértékelés

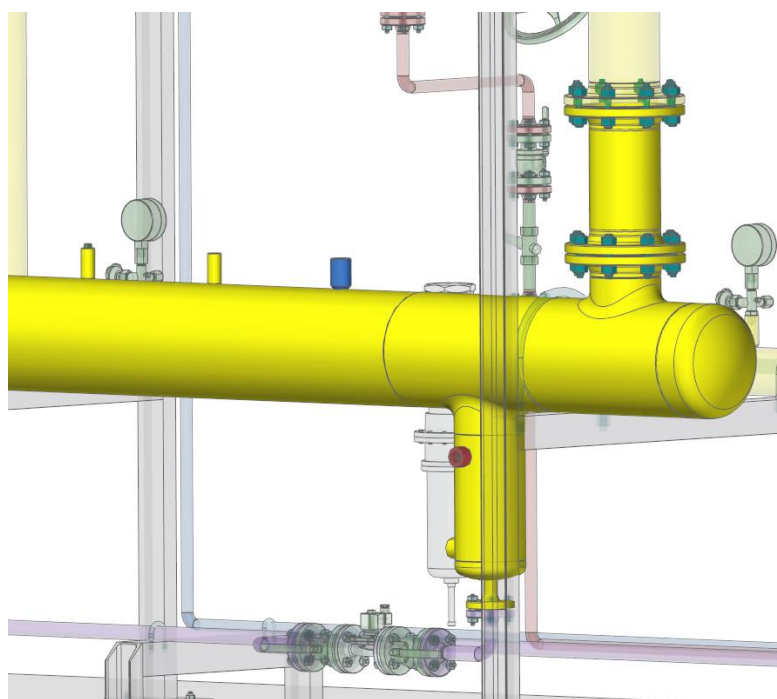
A részlettervezés eredményeként elkészült a berendezés teljes összeállítása. Az alábbiakban pár gondolatban bemutatom a 28. ábra által szemléltetett berendezést.



28. ábra: A teljes összeállítás

A sárgára festett csőszakasz a szénhidrogén áramlását biztosítja. A pirosra festett csőszakasz az előremenő fűtési melegvíz szállítását látja el, míg a kék színű cső a visszatérő fűtési melegvizet vezet el. A lila színnel jelölt csőszakasz a szénhidrogén kondenzátum elvezetését biztosítja. A különböző szerelvények, mérőműszerek, illetve az egyéb kiegészítő elemek zöld színnel kerültek kiemelésre. A kötőelem funkciót betöltő szerkezeti elemek zöldeskék színezést kaptak. Emellett az összeállítás részeként elhelyeztem egy méretarányos léptékfigurát is, amely a berendezés méretének érzékelését segíti elő.

A megrendelővel folytatott egyeztetés során kiderült egy módosítást igénylő részlet. A kondenzátum elvezetését szabályozó mágnesszelep felső szintérzékelőjének csatlakozó szemölcsé olyan pozícióban helyezkedett el, amely a kondenzátum számára nem biztosított elegendő puffertérfogatot.

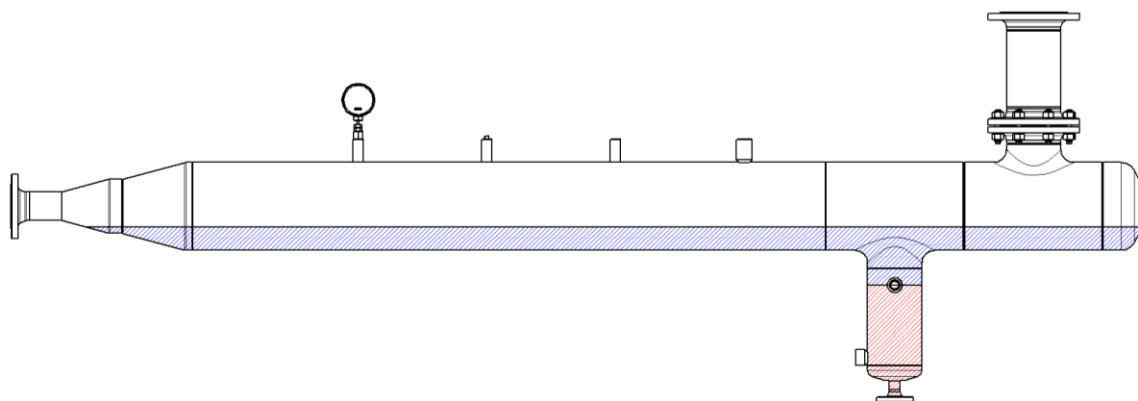


29. ábra: Csatlakozó szemölcs régi és új pozíciója

A módosítást a 29. ábra szemlélteti, amelyen az eredeti, áthelyezésre szoruló csatlakozó szemölcs pirossal, míg az új, módosított helyzetű szemölcs kék színnel került elhelyezésre az összeállításon belül.

A változtatás legfőbb indoka a mágnesszelep élettartamának növelése volt. Az eredeti pozícióban a kondenzátum gyorsan elérte volna a felső szintérzékelőt, így a tárolt közeg mennyisége viszonylag csekély maradt volna. Ez azt eredményezte volna, hogy a szelepnek

igen sűrűn kellett volna működésbe lépnie, ami a folyamatos nyitás és zárás miatt jelentős mértékben csökkentette volna az élettartamát.



30. ábra: Közegmennyiség alakulása a szintérzékelő helyzetének függvényében

Az új kialakítás esetében a tárolt közeg térfogata számottevően megnövekedett, aminek köszönhetően a működtetési ciklusok gyakorisága csökkent, így a szelep várható élettartama is meghosszabbodott. A közegmennyiség változását a 30. ábra szemlélteti, amelyen piros szín jelöli az eredeti állapotot, míg a kék szín az ahhoz képest elért növekményt mutatja.

A módosítások végrehajtását követően újra egyeztettem a beruházóval, amelynek eredményeként a változtatásokkal kiegészített összeállítás teljes mértékben elfogadásra került.

5.7. Dokumentáció kidolgozása

A jóváhagyást követően megkezdődhetett a tervezési munka utolsó szakasza, vagyis a dokumentáció elkészítése.

Megnevezés	Méret	Rajzszám	Anyag	Megjegyzés
GSZ-01 csőszakasz	DN100 PN16; DN80 PN16	MATE-BSC_011		-
Vont acélcső	O12 x 1,5	R18 x 1,5 CF	E235N	PARKER, helyszínen hajlítva, 550 mm
Védőcső	NPT 1/2"	TW15-H-A-M-ND-UD-00120-000-4...	1.4571	WIKA
Szegcsavar	M16 x 90	DIN 2510-3	25CrMo4	-
Szegcsavar	M16 x 80	DIN 2510-3	25CrMo4	-
Sajtolt, szűkített T-idom	114,3 x 3,6 - 88,9 x 3,2	MSZ EN 10253	P355NH	-
Sajtolt T-idom	88,9 x 3,2	MSZ EN 10253	P355NH	-
Sajtolt koncentrikus csőszűkítő	114,3 x 3,6 - 88,9 x 3,2	MSZ EN 10253	P355NH	-
Nyomáscsökkentő szelep	DN80/PN16 - 4,9/12 bar	MR105 DN80 PN16	-	FISHER
Manométerszelep	NPT 1/2" / M20x1,5	BRUNNBAUER	1.4571	M20x1.5/NPT 1/2" adapterrel
Manométer	NPT 1/2"/O100 mm	233.50	1.4571	WIKA, 0-25 bar skálával
Lapos tömítőgyűrű	DN100/PN16 - 2 mm	DIN 1514	AFM 37	REINZ, Fém erősítőgyűrűvel

31. ábra: Részlet az Adatlapkezelőből

A rajzkészítési folyamat megkönnyítése érdekében a Solid Edge Adatlapkezelő funkcióját vettem igénybe, amely lehetővé tette, hogy az összeállításokban szereplő modellekhez hozzárendeljem azokat a tulajdonságokat, amelyeket később a darabjegyzékben kívántam feltüntetni.

A dokumentáció központi egységét a szeparátor összeállítási rajzai alkotják. A műszaki rajzokon feltüntetésre kerültek a különböző csőszakaszok, azok megnevezései és főbb műszaki paraméterei. A dokumentáció részeként a tartószerkezetek is ábrázolásra kerültek, kiegészítve azok pontos elhelyezkedésére vonatkozó információkkal. Az összeállítási rajz mind a csőszakaszok, mind a tartószerkezetek esetében tartalmazza a vonatkozó rajzsámokat, amelyek az egyes alszerelések részletes dokumentációjára hivatkoznak. Az elkészült rajzok a 2. számú mellékletben tekinthetők meg.

A csőszakaszok dokumentálásánál kiemelt szempont volt, hogy minden elem egyértelműen azonosítható és pontosan jelölt legyen. Ennek érdekében az elemek számozást kaptak, a hozzájuk tartozó információk pedig a darabjegyzékben szerepelnek. A darabjegyzék tartalmazza az adott elem megnevezését, legfontosabb jellemző adatait, szabványszámát, típusát vagy rajzsámát, valamint az anyagminőségét is. A csőszakasz ábrázolása izometrikus nézetben történt, a méretek is ebben a vetületben kerültek feltüntetésre. A rajzokon jelöltem a csőszakasz határain a csatlakozási pontokat és a kapcsolódó terveket, továbbá megjelenítésre kerültek a csőkenyelvek rögzítési pontjai is. Az imént ismertetett módszer alapján elkészült GSZ-01 megnevezésű csőszakaszhoz tartozó rajzok a 3. mellékletben találhatóak.

A tartószerkezet esetében is szükségessé vált egy összeállítási rajz elkészítése. Az összeállítási rajzon az egyes elemek számozással lettek jelölve, valamint feltüntetésre kerültek a fő méretek. Az adott tartóelemhez tartozó alkotóelemekről műhelyrajz készült, melyek egy oldalon kerültek ábrázolásra. A TSZ-01 megnevezésű tartószerkezet műszaki dokumentációját a 4. melléklet tartalmazza.

6. Gazdasági számítás

Az alábbi számítás során bemutatásra kerül, hogy a telephely éves földgázfelhasználásához kapcsolódó kiadások és a beruházás bekerülési költsége milyen összefüggést mutatnak, és ez alapján milyen következtetés vonható le a beruházás megtérüléséről.

A telephely óránkénti átlagos energiaigénye a következő:

$$w = 800 \text{ kWh}$$

Ebből tehát kiszámítható, hogy az éves energiaigény:

$$W = w \cdot 24 \cdot 365 = 800 \cdot 24 \cdot 365 = 7,008 \cdot 10^6 \text{ kWh} = \underline{7008 \text{ MWh}}$$

A földgáz árát a holland TTF gáztőzsde 6 hónapos átlagára [19] alapján vettem figyelembe, amely a vizsgált időszakban a következő volt:

$$p = 34,990 \frac{\text{EUR}}{\text{MWh}}$$

Habár a földgáz árazásának alapját a holland TTF tőzsdei ár adja, a Magyarországon felhasznált földgáz esetében további költségekkel is szükséges számolni. Ide tartoznak a szállítási és rendszerhasználati díjak, a kereskedelmi felárak, valamint bizonyos adók és illetékek. Ezek együttesen ~20%-kal növelik meg a költségeket, így a ténylegesen fizetendő összeg magasabb a tőzsdei árnál. A földgáz átadási ponton figyelembe vett ára a következő:

$$p_{\text{ATP}} = p \cdot 1,2 = 34,990 \cdot 1,2 = \underline{41,988 \frac{\text{EUR}}{\text{MWh}}}$$

A telephely éves földgázigényét fedező összeg euróban kifejezve:

$$P_{\text{EUR}} = W \cdot p_{\text{ATP}} = 7008 \cdot 41,988 = \underline{294\,252 \text{ EUR}}$$

Az Európai Központi Bank adatai [20] alapján az elmúlt 6 hónapos átlagot figyelembe véve:

$$1 \text{ EUR} = 400,35 \text{ HUF}$$

Tehát a telephely éves földgázigényét fedező összeg magyar forintban kifejezve:

$$P_{\text{HUF}} = P_{\text{EUR}} \cdot 400,35 = 294\,252 \cdot 400,35 = \underline{117\,803\,789 \text{ HUF}}$$

Bár a beruházásra nem volt közvetlen rálátásom, azonban egy kivitelező informális beszámolója alapján a berendezés nagyságrendi bekerülési költsége a következő:

$$B = 55\,000\,000 \text{ HUF}$$

A berendezés üzembe helyezésével a telephely teljes földgázigénye fedezetté vált, így a földgáz beszerzésére fordított összes kiadás a telephelynél megtakarításként jelentkezik. Ennek figyelembevételével számítható a beruházás megtérülési ideje, az alábbiak szerint:

$$T = \frac{B}{P_{HUF}} = \frac{55\,000\,000}{117\,803\,789} = \underline{0,4669 \text{ év} \approx 5,6 \text{ hónap} \approx 170 \text{ nap}}$$

A számításaim eredményei azt mutatják, hogy a telephely éves földgázfelhasználásának költsége közel 118 millió forintra tehető, amely jelentős rendszeres kiadást jelentett volna a berendezés üzembe helyezése nélkül. A beruházás 55 millió forintos bekerülési költsége a megtakarítások révén kevesebb mint fél év alatt, hozzávetőleg 170 nap alatt térül meg. Ez rendkívül kedvező megtérülési mutatónak számít, amely egyértelműen igazolja a beruházás gazdasági indokoltságát és hosszú távú előnyét a telephely számára.

7. Összefoglalás

Dolgozatomban egy fűtőgáz előkészítő szeparátor gépészeti tervezésének folyamatát mutattam be, amely egy szénhidrogén gyűjtőállomás számára biztosít megfelelő minőségű, helyi energetikai célra felhasználható fűtőgázt.

A tervezési munka első lépéseként áttekintettem a vonatkozó szakirodalmat, különös tekintettel az iparágban alkalmazott szabványokra és előírásokra. A szabványok segítséget nyújtottak a szilárdsági méretezéshez szükséges összefüggések meghatározásában.

A tervezési folyamat kiindulópontjaként a technológus tervező által rendelkezésre bocsátott technológiai tervek szolgáltak, amelyek részletes iránymutatást nyújtottak a berendezés funkciójáról, annak egyes szerkezeti elemeiről, valamint az üzemeltetési körülményekről.

Következő lépésként meghatároztam a csőnyomvonal elrendezését, emellett létrehoztam a projekt számára egy tervezési adatbázist, amely a berendezés összeállítási modelljéhez szükséges elemeket tartalmazta.

A technológiai tervek által ismertetett alapadatok, illetve a megrendelővel folytatott egyeztetések alapján a szabványok felhasználásával meghatároztam az alkalmazandó anyagminőséget. Mindemellett a szabványokban meghatározott összefüggések segítségével elvégeztem a szilárdsági méretezéseket, meghatároztam a különböző névleges átmérőjű csővezetékek rendelési falvastagságait. Az ismétlődő számítások megkönnyítésére Excel számolótáblát készítettem.

Ezt követően elkészítettem a berendezés hiánytalan 3D összeállítási modelljét. Miután optimalizáltam a berendezés kialakítását és az a megrendelő által elfogadásra került, kidolgoztam a kivitelezéshez szükséges rajzi dokumentációt. A dokumentáció részeként elkészítettem a szeparátor összeállítási rajzát, a csőszakaszok részleteit tartalmazó izometrikus csőtervet, illetve a tartószerkezet legyártásához szükséges rajzokat.

8. Summary

In this thesis, I present the mechanical design process of a fuel gas preparation separator, intended to supply a hydrocarbon gathering station with fuel gas that meets the quality requirements for local energy use.

The design work began with a thorough review of the relevant literature, during which I focused particularly on industry standards and regulations. These references guided me in determining the equations required for the strength calculations.

The design process was initiated based on the technological plans provided by the process engineer, from which I identified the detailed information necessary regarding the equipment's functions, its individual structural components, and the operational conditions.

Next, I defined the piping layout and established a comprehensive design database to incorporate all elements required for the equipment's assembly model.

Using the data from the technological plans and through consultations with the client, I selected appropriate material grades in accordance with the applicable standards. I then carried out the strength calculations and determined the wall thicknesses for pipes of various nominal diameters. I also developed a custom-made Excel spreadsheet to efficiently facilitate repetitive calculations.

Finally, I developed a complete 3D assembly model of the equipment. Following design optimization and approval by the client, I prepared the technical drawings required for construction. This documentation includes the separator assembly drawing, isometric piping drawings detailing individual pipe sections, and drawings necessary for the fabrication of the supporting structure.

9. Ábrajegyzék

1. ábra „A cső falvastagságának meghatározásához” [2]	4
2. ábra „Az axiális feszültség csőfalban” [2]	5
3. ábra Csövek valós falvastagsága [3]	7
4. ábra Iránymutató a negatív gyártási tűrés meghatározásához [5]	8
5. ábra Részlet a jóváhagyott anyagok listájából [6]	9
6. ábra Acélok ütőmunka értékei [5]	10
7. ábra „A gépészeti tervezés részfolyamatainak kapcsolata” [7]	12
8. ábra Technológiai kapcsolási terv	14
9. ábra Függőleges elrendezés	16
10. ábra Vízszintes elrendezés	17
11. ábra Csőkeresztmetszetek vázlata	18
12. ábra Csőnyomvonal vázlata	19
13. ábra Elemek hozzávetőleges elhelyezkedése	19
14. ábra Részlet az MSZ EN 13480-2:2025 szabvány A mellékletéből [6]	20
15. ábra A kiválasztott anyag mechanikai tulajdonságai [5]	21
16. ábra Elérhető falvastagságok a külső átmérő függvényében [5]	24
17. ábra Az első csőszakasz főbb elemei	26
18. ábra Elemek közötti vonalszakaszok	27
19. ábra A csővezeték létrehozásához szükséges információk	28
20. ábra A létrehozott csővezeték	28
21. ábra Az elkészült csővezetékeket tartalmazó első csőszakasz	29
22. ábra Az elkészült csővezetékeket tartalmazó berendezés	29
23. ábra Kötőelemek	30
24. ábra Mérőműszerek	30
25. ábra Tartószerkezetek	31
26. ábra A beépített horgonycsapok	31
27. ábra Az alkalmazott csőkengyel	32
28. ábra A teljes összeállítás	32
29. ábra Csatlakozó szemölcs régi és új pozíciója	33
30. ábra Közegmennyiség alakulása a szintérezékelő helyzetének függvényében	34

31. ábra Részlet az Adatlapkezelőből	34
--	----

10. Táblázatjegyzék

1. táblázat Rendelési falvastagságok és a biztonsági tényezők.....	26
--	----

11. Mellékletjegyzék

1. melléklet: Szilárdsági számítás; Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre
MSZ EN 13480-3:2025 szerint
2. melléklet: Szeparátor összeállítási rajz
3. melléklet: GSZ-01 csőszakasz izometrikus csőterv
4. melléklet: TSZ-01 csőtartó rajz

12. Irodalomjegyzék

- [1] D. S. Attila, Kőolaj- és földgáztan, Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat, 1981.
- [2] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ 1648:2016, Közszolgáltatású, vezetékes földgáz*, Magyar Szabványügyi Testület, 2016.
- [3] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS AZ EURÓPAI UNIÓ TANÁCSA, *AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2024/1787 RENDELETE az energiaágazaton belüli metánkibocsátás csökkentéséről és az (EU) 2019/942 rendelet módosításáról*, Brüsszel: AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS AZ EURÓPAI UNIÓ TANÁCSA, 2024.
- [4] D. V. Miklós, Gáztechnikai Kézikönyv, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1984.
- [5] Á. Dr. Zsáry, Gépelemek I. kötet, Budapest: Tankönyvkiadó, 1989.
- [6] S. István, Gépelemek, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 2015.
- [7] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 13480-3:2025; Fémből készült ipari csővezetékek. 3. rész: Tervezés és számítás*, Magyar Szabványügyi Testület, 2025.
- [8] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 13480-1:2025, Fémből készült ipari csővezetékek. 1. rész: Általános követelmények*, Magyar Szabványügyi Testület, 2025.
- [9] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, *Gépelemek I. Csővezetékek, Csőszerelvények*, 2024.
- [10] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 10216-3:2014; Varrat nélküli acélcsövek nyomástartó berendezésekhez. Műszaki szállítási feltételek. 3. rész: Ötvözött, finomszemcsés acélcsövek*, Magyar Szabványügyi Testület, 2014.
- [11] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 13480-2:2025; Fémből készült ipari csővezetékek. 2. rész: Anyagok*, Magyar Szabványügyi Testület, 2025.
- [12] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 13480-4:2025, Fémből készült ipari csővezetékek. 4. rész: Gyártás és szerelés*, Magyar Szabványügyi Testület, 2025.

-
- [13] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 13480-5:2025; Fémből készült ipari csővezetékek. 5. rész: Ellenőrzés és vizsgálatok*, Magyar Szabványügyi Testület, 2025.
- [14] Kátai, László;, CAD Tankönyv, Typotex Kiadó, 2012.
- [15] Emerson Process Management Regulator Technologies, *Type MR105 Direct-Operated Pressure*, Egyesült Államok, Texas, McKinney: Emerson Process Management Regulator Technologies, 2024.
- [16] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 10253-2:2022; Tompavarratos csőszervevények. 2. rész: Tételesen ellenőrzött, ötvözetlen és ferrites ötvözött acélok*, Magyar Szabványügyi Testület, 2022.
- [17] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 1092-1:2018; Karimák és kötéseik. Kör alakú, PN-jelölésű karimák csővezetékekhez, csővezeteki szerelvényekhez, csőidomokhoz és tartozékokhoz. 1. rész: Acélkarimák*, Magyar Szabványügyi Testület, 2018.
- [18] Magyar Szabványügyi Testület, *MSZ EN 10025-2:2020; Melegen hengerelt termékek szerkezeti acélokból. 2. rész: Ötvözetlen szerkezeti acélok műszaki szállítási feltételei*, Magyar Szabványügyi Testület, 2020.
- [19] Fusion Media Limited, „Investing.com,” [Online]. Available: <https://www.investing.com/commodities/dutch-ttf-gas-c1-futures-historical-data>. [Hozzáférés dátuma: 20. 09. 2025.].
- [20] European Central Bank, „European Central Bank | Eurosystem,” [Online]. Available: https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-huf.en.html. [Hozzáférés dátuma: 20. 09. 2025.].

13. Mellékletek

Összesítő

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre MSZ EN 13480-3:2025 szerint

No.	Névleges méret (DN)	Nyomásfokozat (PN)	Tervezési hőmérséklet (°C)	Anyagminőség	Tervezési feszültség (MPa)	Korróziós pótlék (mm)	Külső átmérő (mm)	Falvastagság (mm)	Biztonsági tényező folyáshatárra	Biztonsági tényező szakitószilárdságra
1	20	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	26,90	2,60	3,32	4,59
2	25	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	33,70	2,60	2,65	3,66
3	40	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	48,30	2,60	1,85	2,55
4	50	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	60,30	2,90	3,71	5,12
5	80	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	88,90	3,20	4,03	5,56
6	100	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	114,30	3,60	4,51	6,23
7	150	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	168,30	4,50	5,17	7,13
8	200	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	219,10	6,30	7,23	9,98
9	250	16	-20...+50	P355NH	204,17	2,00	273,00	6,30	5,00	6,90

Számítást végezte

Kondákor Tamás

Dátum

2025.06.16

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN20
Külső átmérő	D_o	26,9 mm
Belső átmérő	D_i	21,7 mm
Becsült falvastagság	e	2,60 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,24 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	26,9 mm
Belső átmérő	D_i	21,7 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,10 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,10 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,10 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	40,35 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,13 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,09 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,10 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,40 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	2,50 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	0,20 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	2,60 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	106,80 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	3,32 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	4,59 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN25
Külső átmérő	D_o	33,7 mm
Belső átmérő	D_i	28,5 mm
Becsült falvastagság	e	2,60 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,18 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	33,7 mm
Belső átmérő	D_i	28,5 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,13 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,13 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,13 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	50,55 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,16 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,12 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,13 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,40 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	2,53 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	0,20 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	2,60 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	134,00 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	2,65 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	3,66 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN40
Külső átmérő	D_o	48,3 mm
Belső átmérő	D_i	42,5 mm
Becsült falvastagság	e	2,90 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,14 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	48,3 mm
Belső átmérő	D_i	42,5 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,19 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,19 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,19 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	72,45 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,24 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,16 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,19 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,40 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	2,59 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	0,20 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	2,60 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	192,40 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	1,85 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	2,55 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN50
Külső átmérő	D_o	60,3 mm
Belső átmérő	D_i	54,5 mm
Becsült falvastagság	e	2,90 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,11 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	60,3 mm
Belső átmérő	D_i	54,5 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,24 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,24 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,24 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	90,45 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,29 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,21 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,24 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,40 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	2,64 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	0,50 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	2,90 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	95,68 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	3,71 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	5,12 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN80
Külső átmérő	D_o	88,9 mm
Belső átmérő	D_i	82,5 mm
Becsült falvastagság	e	3,20 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,08 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	88,9 mm
Belső átmérő	D_i	82,5 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,35 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,35 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,35 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	133,35 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,43 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,30 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,35 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,40 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	2,75 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	0,80 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	3,20 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	88,10 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	4,03 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	5,56 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN100
Külső átmérő	D_o	114,3 mm
Belső átmérő	D_i	107,1 mm
Becsült falvastagság	e	3,60 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,07 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	114,3 mm
Belső átmérő	D_i	107,1 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,45 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,45 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,45 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	171,45 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,56 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,39 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,45 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,45 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	2,90 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	1,15 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	3,60 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	78,71 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	4,51 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	6,23 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN150
Külső átmérő	D_o	168,3 mm
Belső átmérő	D_i	159,3 mm
Becsült falvastagság	e	4,50 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,06 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	168,3 mm
Belső átmérő	D_i	159,3 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,66 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,66 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,66 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	252,45 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	0,82 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,57 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,66 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,56 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	3,22 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	1,94 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	4,50 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	68,69 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	5,17 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	7,13 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN200
Külső átmérő	D_o	219,1 mm
Belső átmérő	D_i	206,5 mm
Becsült falvastagság	e	6,30 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,06 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	219,1 mm
Belső átmérő	D_i	206,5 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,86 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	0,86 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	0,86 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	328,65 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	1,07 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,75 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	0,86 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	0,79 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	3,64 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	3,51 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	6,30 mm

Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	49,10 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	7,23 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	9,98 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:

MEGFELEL

Falvastagság számítás belső nyomással terhelt csőre

MSZ EN 13480-3:2025 szerint

Jelmagyarázat

Paraméter
Számított érték

Választott anyag jellemzői MSZ EN 10216-3:2014 szerint

Választott anyagminőség		P355NH
Felső folyáshatár minimum értéke	R_{eHt}	355 MPa
Szakítószilárdság minimum értéke	R_m	490 MPa
Tervezési feszültség	f_z	204,17 MPa

Számítási mód meghatározása

Névleges méret		DN250
Külső átmérő	D_o	273 mm
Belső átmérő	D_i	260,4 mm
Becsült falvastagság	e	6,30 mm
Külső és belső átmérő aránya	D_o/D_i	1,05 -
Számítási mód		Kazánformula

Alapadatok

Tervezési nyomás	P_c	16 bar
Varratszilárdsági tényező	z	1,00 -
Külső átmérő	D_o	273 mm
Belső átmérő	D_i	260,4 mm

Kazánformula szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	1,07 mm

Lamé egyenlet szerinti számítás

Tervezési feszültség	f	204,17 MPa
Számított falvastagság	e	1,07 mm

Falvastagságok

Számított falvastagság	e	1,07 mm
Hajlítási ív (Alapértelmezésben $R=1,5 \cdot D_o$)	R	409,50 mm
Számított belső falvastagság	e_{int}	1,33 mm
Számított külső falvastagság	e_{ext}	0,93 mm

Valós falvastagság meghatározása

Számított falvastagság	e	1,07 mm
Korróziós pótlék	c_0	2,00 mm
Cső negatív gyártási tűrés	c_1	1,26 mm
Megmunkálási tűrés	c_2	0,00 mm
Szükséges falvastagság	e_r	4,33 mm
Vizsgálati falvastagság	e_a	3,04 mm
Rendelési falvastagság	e_{ord}	6,30 mm

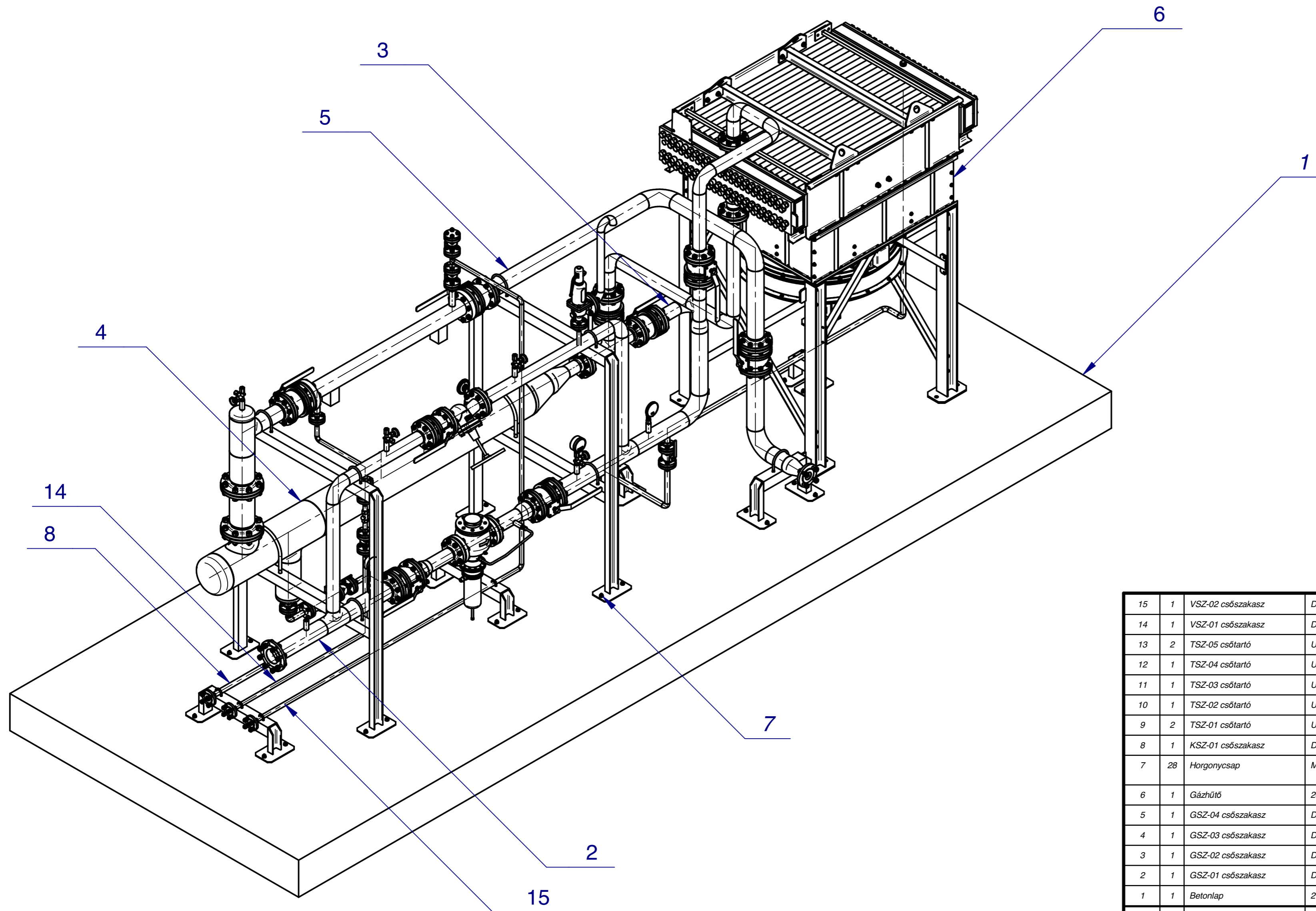
Valós biztonsági tényező meghatározása

Valós fellépő feszültség	f	71,04 MPa
Valós biztonsági tényező a felső folyáshatár minimum értékéhez viszonyítva	SF_{ReHt}	5,00 -
Valós biztonsági tényező a szakítószilárdság minimum értékéhez viszonyítva	SF_{Rm}	6,90 -

A falvastagság gyártási tűrés tekintetében:


MEGFELEL

2. Melléklet

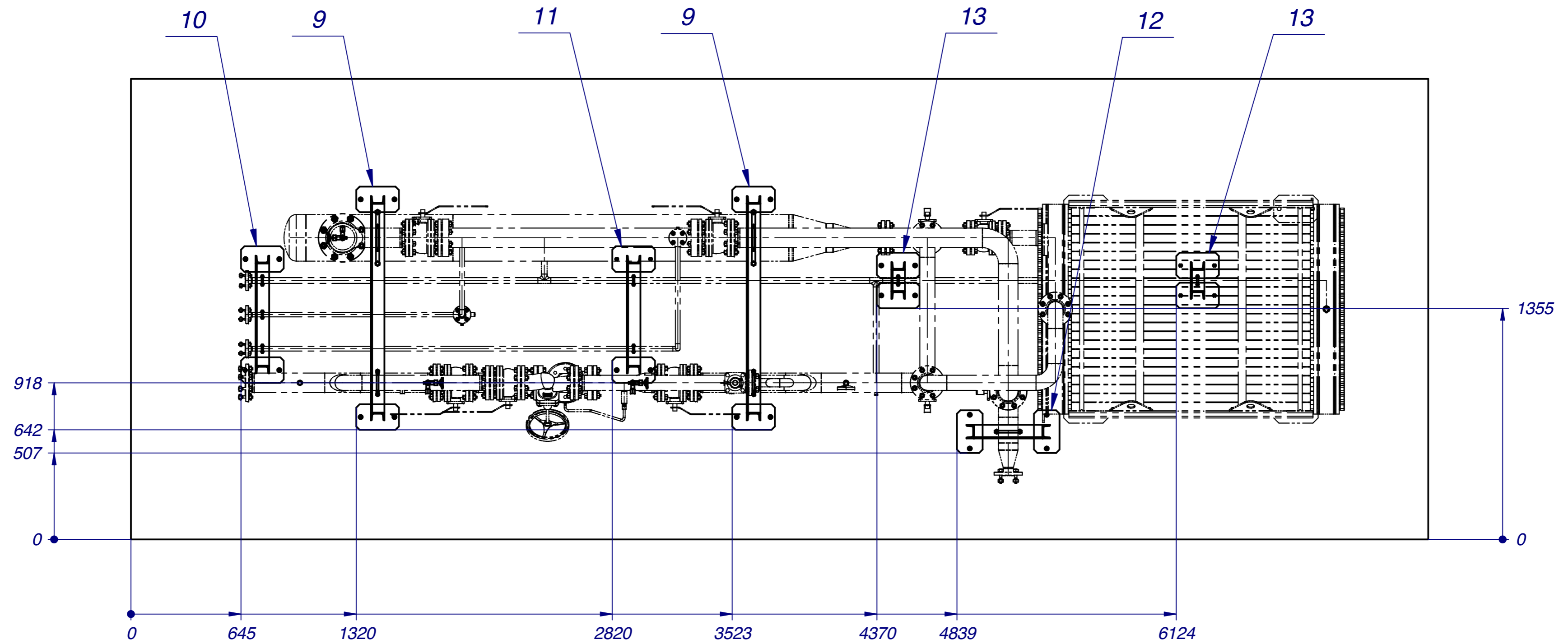


15	1	VSZ-02 csőszakasz	DN20 PN16	MATE-BSC_017	-
14	1	VSZ-01 csőszakasz	DN20 PN16	MATE-BSC_016	-
13	2	TSZ-05 csőtartó	U 80x45x6; L 80x80x8; s=5 mm	MATE-BSC_022	-
12	1	TSZ-04 csőtartó	U 80x45x6; L 80x80x8; s=5 mm	MATE-BSC_021	-
11	1	TSZ-03 csőtartó	U 80x45x6; L 80x80x8; s=5 mm	MATE-BSC_020	-
10	1	TSZ-02 csőtartó	U 80x45x6; L 80x80x8; s=5 mm	MATE-BSC_019	-
9	2	TSZ-01 csőtartó	U 80x45x6; L 80x80x8; s=5 mm	MATE-BSC_018	-
8	1	KSZ-01 csőszakasz	DN25 PN16	MATE-BSC_015	-
7	28	Horgonycsap	M12 x 101	FAZ II Plus 12/50 ZP	Dübel hossz: 150 mm, Meghúzási nyomaték: 60 Nm
6	1	Gázhűtő	20 kW, DN80 PN16	-	Beruházói szolgáltatás
5	1	GSZ-04 csőszakasz	DN100 PN16	MATE-BSC_014	-
4	1	GSZ-03 csőszakasz	DN250 PN16	MATE-BSC_013	-
3	1	GSZ-02 csőszakasz	DN80 PN16	MATE-BSC_012	-
2	1	GSZ-01 csőszakasz	DN100 PN16; DN80 PN16	MATE-BSC_011	-
1	1	Betonlap	2700x7600x300 mm	-	Építész terv szerint
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus, rajzszám	Megjegyzés

3					
2					
1					
0	1. kiadás, jóváhagyásra				2025. 07. 15.
Revizió / Revision	Leírás / Description	Tervező / Designer	Kondákor T.	Ellenőr / Inspector	Madarász I.
		Név / Name	Aláírás / Signature	Név / Name	Aláírás / Signature
					Dátum / Date

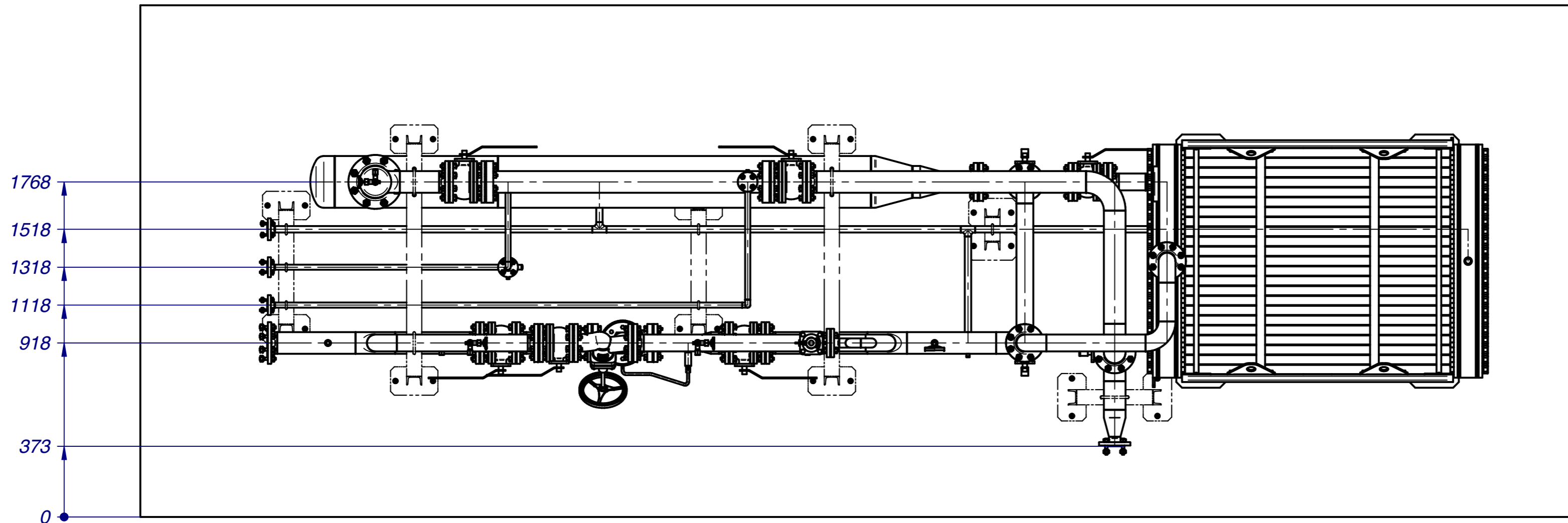
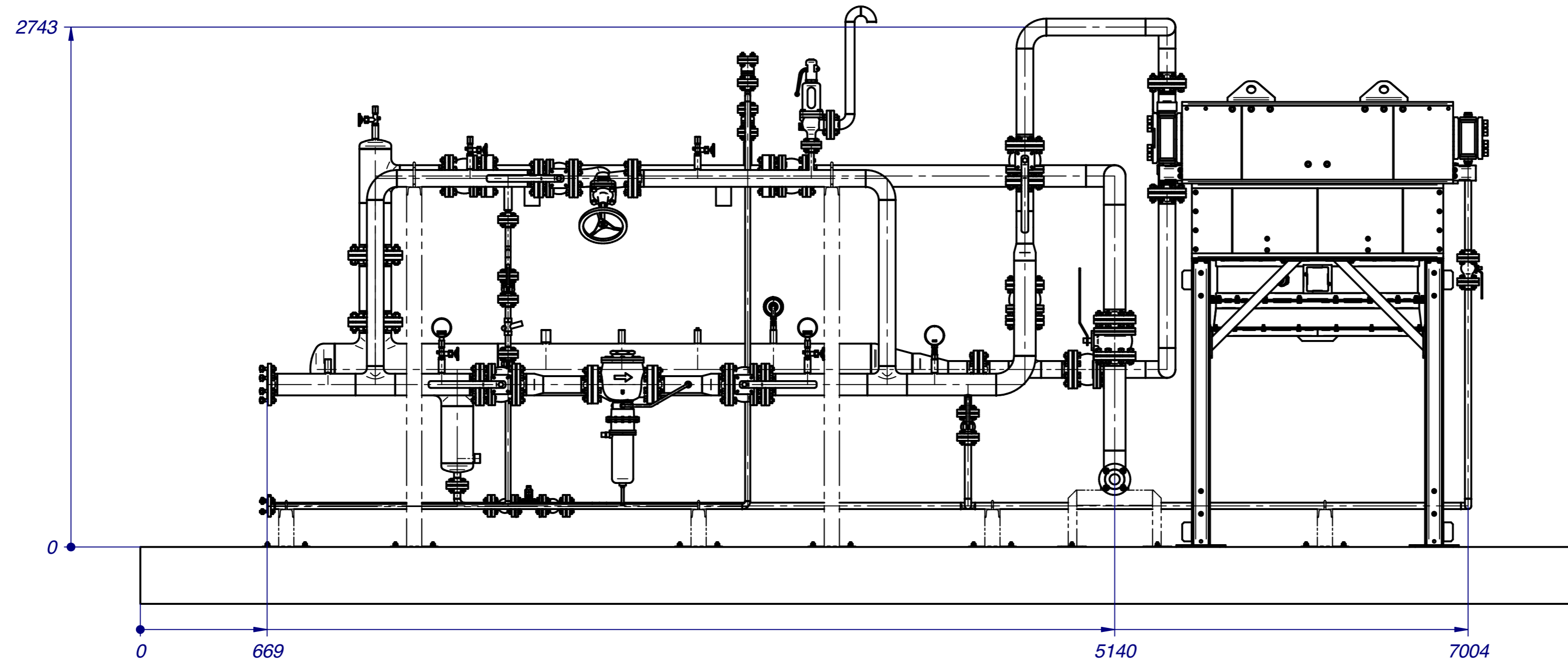
		Megnevezés / Title Szeperator			
Méretarány / Scale	Létesítmény / Location	Neptun kód / Neptun code	Rajzszám / Doc. No.	Lapok sz. / No. of sh.	Lap sz. / Sheet No.
1:20	MATE Műszaki Intézet	RUUWVU	MATE-BSC_001	3	1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



SOLID EDGE ACADEMIC COPY

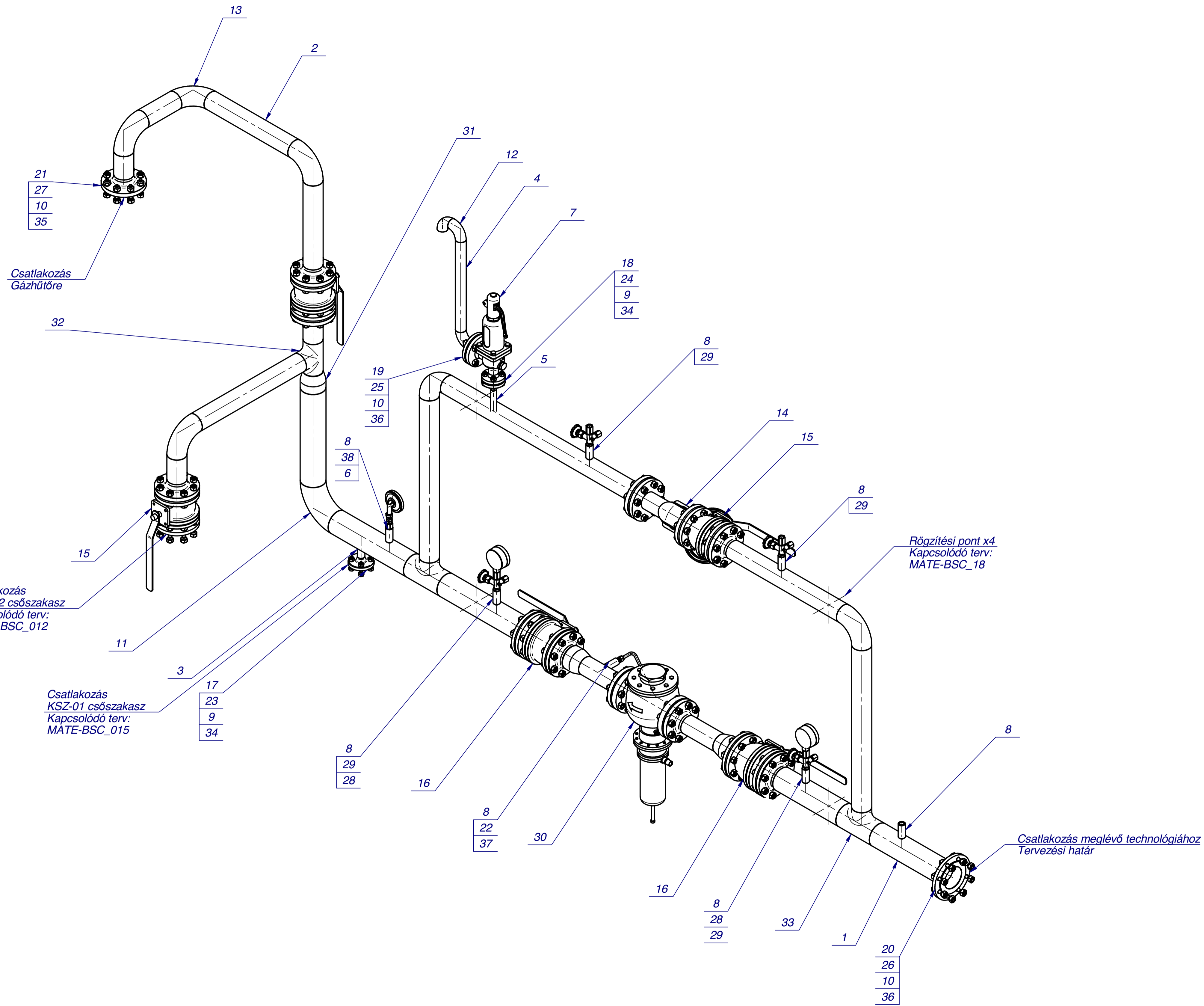
3							
2							
1							
0	1. kiadás, jóváhagyásra						2025.07.15.
Revízió / Revision	Leírás / Description	Tervező / Designer	Kondákor T. / Name	Ellenőr / Inspector	Madarász I. / Name	Aláírás / Signature	Dátum / Date
MATE MAGYAR AGÉBAR-ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM		Megnevezés / Title Szeperator					
Méretarány / Scale	Létesítmény / Location	Neptun kód / Neptun code	Rajzszám / Doc. No.	Lapok sz. / No. of sh.	Lap sz. / Sheet No.		
1:20	MATE Műszaki Intézet	RUUWVU	MATE-BSC_001	3	2		



3								
2								
1								
0	1. kiadás, jóváhagyásra			Madarász I.		2025.07.15.		
Revízió / Revision	Leírás / Description	Tervező / Designer	Kondákor T. / Név / Name	Aláírás / Signature	Ellenőr / Inspector	Név / Name	Aláírás / Signature	Dátum / Date
MATE MAGYAR AGÉP- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM		Megnevezés / Title Szeperator						
Méretarány / Scale 1:20	Létesítmény / Location MATE Műszaki Intézet	Neptun kód / Neptun code RUUWVU	Rajzszám / Doc. No. MATE-BSC_001	Lapok sz. / No. of sh. 3	Lap sz. / Sheet No. 3			

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

3. Melléklet



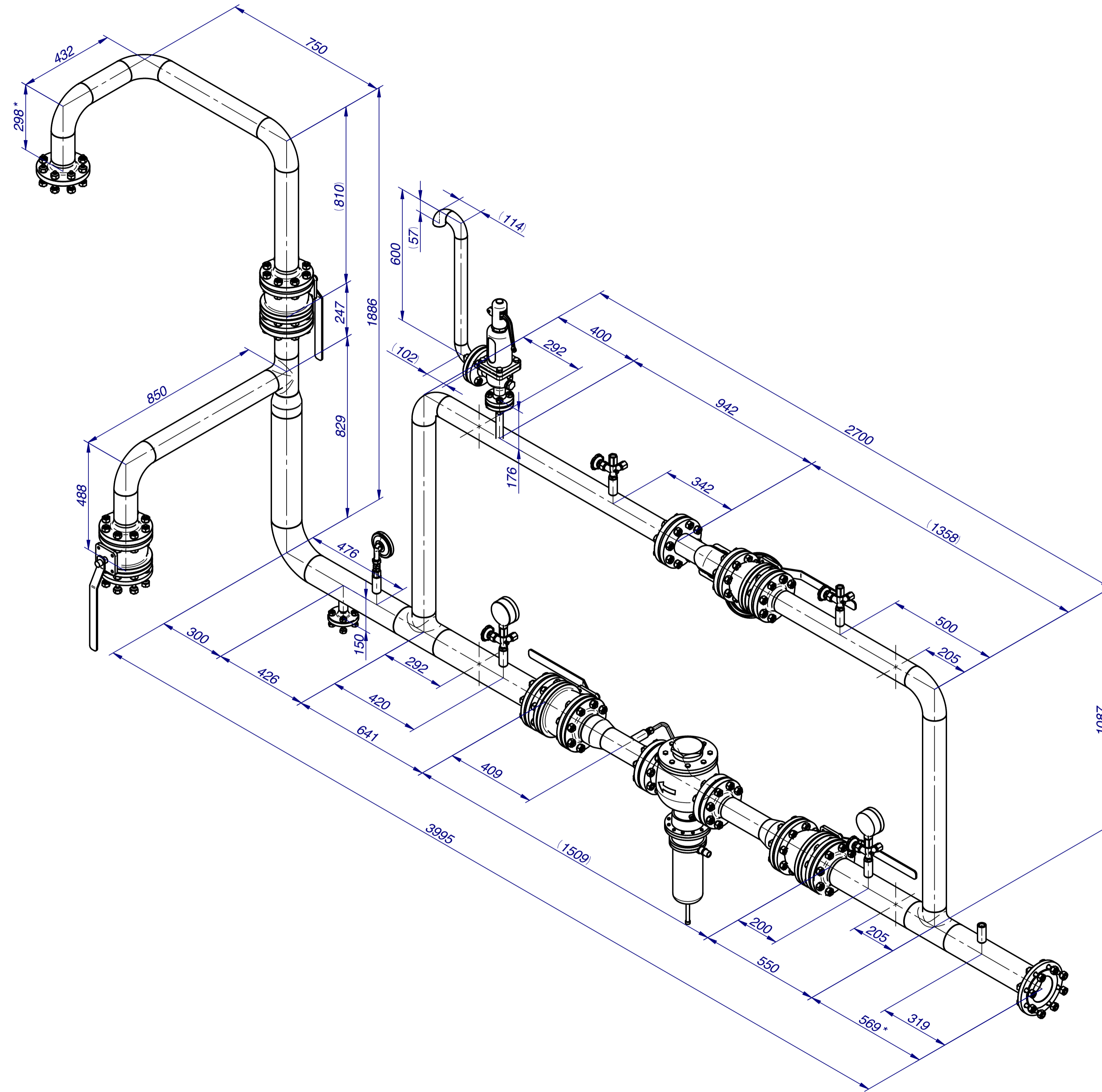
38	1	Védőcső	NPT 1/2"	TW15-H-A-M-ND-UD-0012 0-000-45-L5-A-0160-0130- ZZ-3Z	1.4571	WIKA
37	1	Vont acélcső	O12 x 1.5	R18 x 1.5 CF	E235N	PARKER, helyszínen hajlítva, 550 mm
36	100	Szegecsavar	M16 x 80	DIN 2510-3	25CrMo4	-
35	24	Szegecsavar	M16 x 90	DIN 2510-3	25CrMo4	-
34	8	Szegecsavar	M12 x 70	DIN 2510-3	25CrMo4	-
33	2	Sajtolt, szűkített T-idom	114,3 x 3,6 - 88,9 x 3,2	MSZ EN 10253	P355NH	-
32	1	Sajtolt T-idom	88,9 x 3,2	MSZ EN 10253	P355NH	-
31	3	Sajtolt koncentrikus csőszűkítő	114,3 x 3,6 - 88,9 x 3,2	MSZ EN 10253	P355NH	-
30	1	Nyomáscsökkentő szelep	DN80/PN16 - 4,9/12 bar	MR105 DN80 PN16	-	FISHER
29	4	Manométerszelep	NPT 1/2" / M20x1,5	BRUNNBAUER	1.4571	M20x1.5/NPT 1/2" adapterrel
28	2	Manométer	NPT 1/2"/O100 mm	233.50	1.4571	WKA, 0-25 bar skálával
27	10	Lapos tömítőgyűrű	DN80/PN40 - 2 mm	DIN 1514	AFM 37	REINZ, Fém erősítőgyűrűvel
26	5	Lapos tömítőgyűrű	DN100/PN16 - 2 mm	DIN 1514	AFM 37	REINZ, Fém erősítőgyűrűvel
25	1	Lapos tömítőgyűrű	DN40/PN40 - 2 mm	DIN 1514	AFM 37	REINZ, Fém erősítőgyűrűvel
24	1	Lapos tömítőgyűrű	DN20/PN40 - 2 mm	DIN 1514	AFM 37	REINZ, Fém erősítőgyűrűvel
23	1	Lapos tömítőgyűrű	DN25/PN40 - 2 mm	DIN 1514	AFM 37	REINZ, Fém erősítőgyűrűvel
22	2	Külső menet / roppantógyűrű csatlakozó	NPT 1/2"/O12	M12MSC1/2N-316	-	PARKER
21	8	Heg told.karima TIP11/B	DN80/PN16	MSZ EN 1092	P355NH	-
20	5	Heg told.karima TIP11/B	DN100/PN16	MSZ EN 1092	P355NH	-
19	1	Heg told.karima TIP11/B	DN40/PN40	MSZ EN 1092	P355NH	-
18	1	Heg told.karima TIP11/B	DN20/PN40	MSZ EN 1092	P355NH	-
17	1	Heg told.karima TIP11/B	DN25/PN40	MSZ EN 1092	P355NH	-
16	2	Gömbszap	DN100/PN16	BV4-4768T-PN16-DN100 - LEVER	-	Belven
15	3	Gömbszap	DN80/PN16	BV4-4768T-PN16-DN80 - LEVER	-	Belven
14	1	Főtűszelep	DN80/PN16	8/906	-	BRUNNBAUER
13	6	Csőív, is=90°	88,9 x 3,2	MSZ EN 10253-2 B típus	P355NH	R=1.5D
12	3	Csőív, is=90°	48,3 x 2,6	MSZ EN 10253-2 B típus	P355NH	R=1.5D
11	1	Csőív, is=90°	114,3 x 3,6	MSZ EN 10253-2 B típus	P355NH	R=1.5D
10	248	Csavaranya	M16	DIN 2510-5	25CrMo4	-
9	16	Csavaranya	M12	DIN 2510-5	25CrMo4	-
8	7	Csatlakozó szemölcs PN350	NPT 1/2"	4D-SZH-NPT-012	P355NH	-
7	1	Biztonsági szelep	DN20x40 PN40x16	4412.4504 H4	-	LESER
6	1	Bimétál hőmérő, 0...100°C	NPT 1/2"/O100 mm	R82 100-4-C1E-ND-B180G ZZ-ZZZZ	1.4571	WKA, Állítható bernyúlás
5	1	Acélcső	26,9 x 2,6	MSZ EN 10216	P355NH	140 mm
4	1	Acélcső	48,3 x 2,6	MSZ EN 10216	P355NH	490 mm
3	1	Acélcső	33,7 x 2,6	MSZ EN 10216	P355NH	60 mm
2	1	Acélcső	88,9 x 3,2	MSZ EN 10216	P355NH	6210 mm
1	1	Acélcső	114,3 x 3,6	MSZ EN 10216	P355NH	2260 mm
Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus, rajtszám	Anyag	Megjegyzés

Megjegyzés:
A zárójelben lévő méretek kiadódó vagy meglévő méretek,
a *-al jelölt méretek a helyszínen pontosítani szükségesek!

Közeg	Földgáz	Tervezési hőmérséklet	-20...+50°C
Tervezési nyomás	16 barg	Üzemi hőmérséklet	-20...+40°C
Próbanyomás	20 barg	Varratvizsgálat	100% VT, 100% RT
Üzemi nyomás	16 barg	Szakipari munkák	Festve, hőszigetelve
PED kategória	II.	Csővezeték minősége	-

3							
2							
1							
0	1. kiadás, jóváhagyásra						2023.07.18.
Revizor	Leírás	Tervező / Designer	Név	Aláírás	Név	Aláírás	Dátum
Revisior	Description	Designer	Name	Signature	Name	Signature	Date
Megnevezés / Title							
GSZ-01 csőszakasz							
Méretarány / Scale	1:10	Létesítéshely / Location	MATE Műszaki Intézet	Neptun kód / Neptun code	RUUWVU	Rajtszám / Doc. No.	MATE-BSC_011
Lapok sz. / No. of sh.	2	Lap sz. / Sheet No.	1				

3. Melléklet

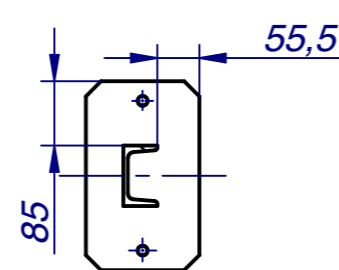
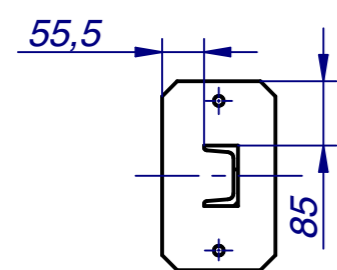
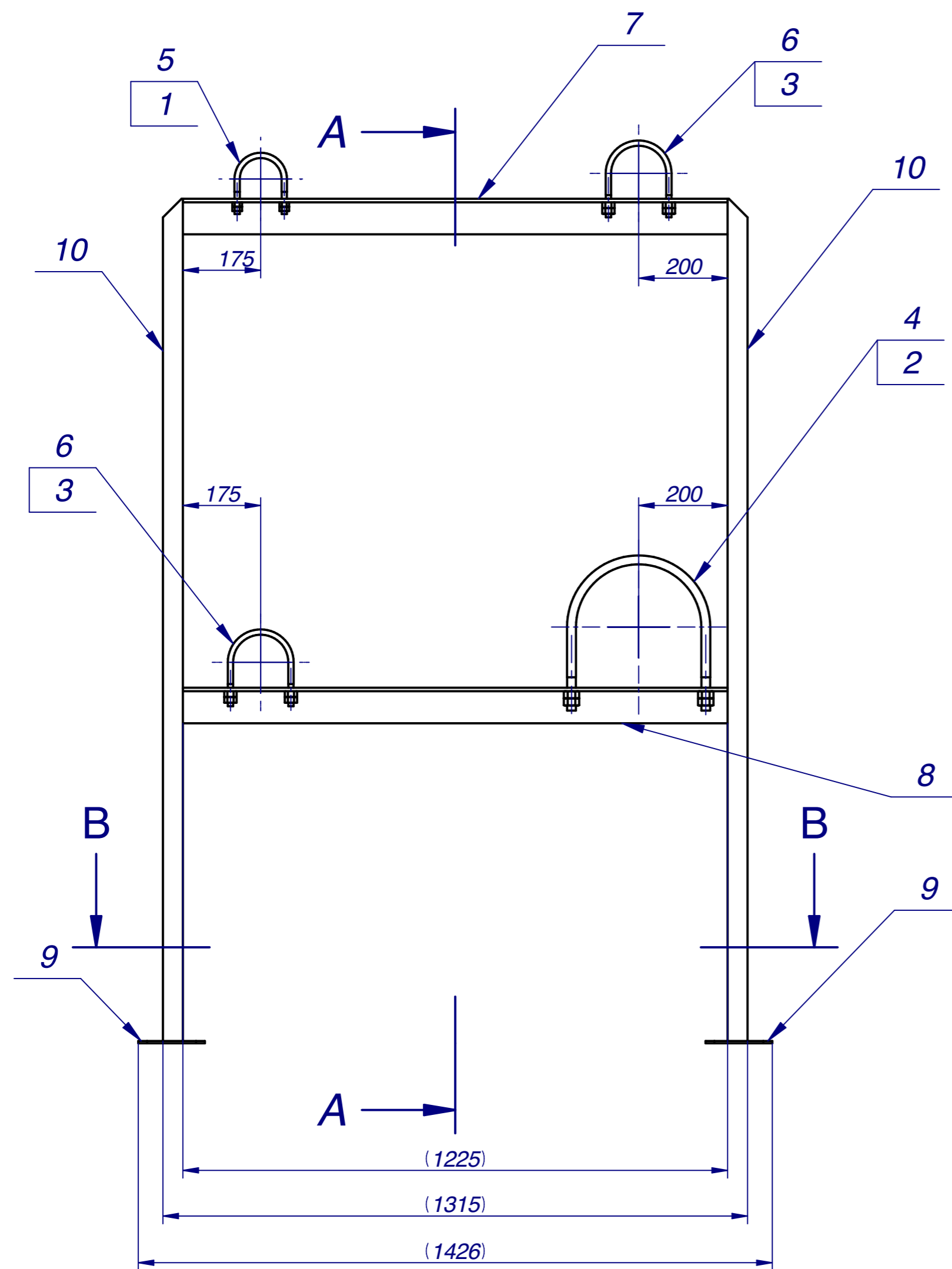


Megjegyzés:
A zárójelben lévő méretek kiadódó vagy meglévő méretek,
a *-al jelölt méretek a helyszínen pontosítani szükségesek!

Közeg	Földgáz	Tervezési hőmérséklet	-20...+50°C
Tervezési nyomás	16 barg	Üzemi hőmérséklet	-20...+40°C
Próbanyomás	20 barg	Varratvizsgálat	100% VT, 100% RT
Üzemi nyomás	16 barg	Szakipari munkák	Festve, hőszigetelve
PED kategória	II.	Csővezeték minősége	-

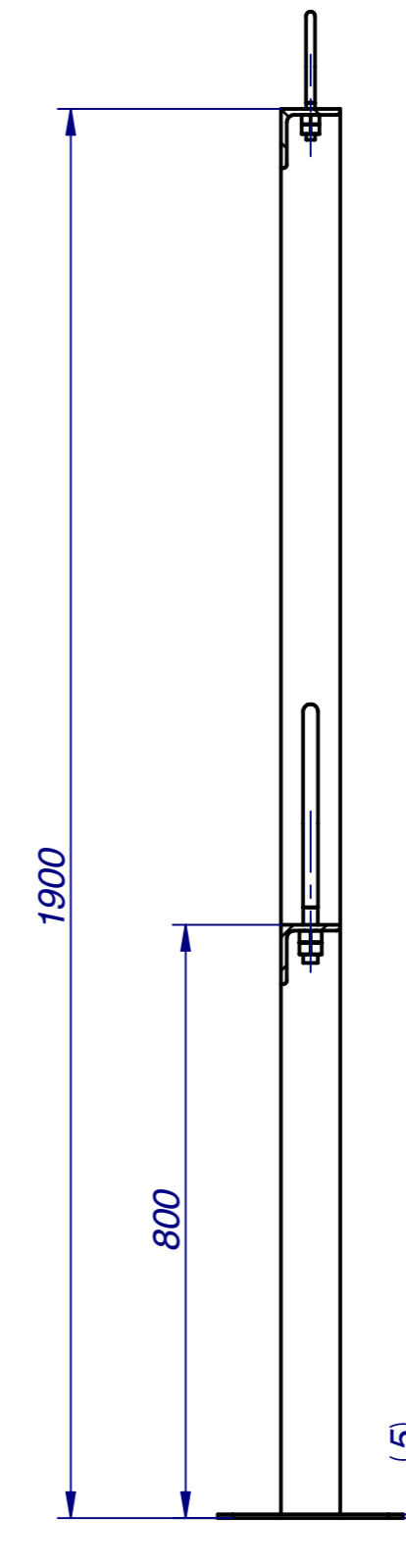
3									
2									
1									
0	1. kiadás, jóváhagyásra							2023. 07. 18.	
Revizio / Revisor	Leírás / Description	Tervező / Designer	Név / Name	Aláírás / Signature	Ellenőrző / Inspector	Név / Name	Aláírás / Signature	Dátum / Date	
MATE		Megnevezés / Title							
MATE Műszaki Intézet		GSZ-01 csőszakasz							
Méretarány / Scale	1:10	Létesítmény / Location	MATE Műszaki Intézet	Neptun kód / Neptun code	RJUUWVU	Rajzszám / Doc. No.	MATE-BSC_011	Lapok sz. / No. of sh.	2
								Lap sz. / Sheet No.	2

4. Melléklet



B-B

A-A



Tétel	Db	Megnevezés	Méret, jellemző adat	Szabványszám, típus, rajkszám	Anyag	Megjegyzés
10	2	U-profil	U 80x45x6	DIN 1026-1	S235JR	1895 mm
9	2	Talplemez	250x150x5 mm	MSZ EN 10025-2	S235JR	-
8	1	L-profil	L 80x80x8	DIN 1026-1	S235JR	1225 mm
7	1	L-profil	L 80x80x8	DIN 1026-1	S235JR	1225 mm
6	2	Csőkengyel	DN100; 108-115 mm	DIN 3570	S235JR	M16
5	1	Csőkengyel	DN80; 89 mm	DIN 3570	S235JR	M12
4	1	Csőkengyel	DN250; 267-273 mm	DIN 3570	S235JR	M20
3	8	Csavaranya	M16	DIN 934	8-as szilárdsági osztály	galvanizált
2	4	Csavaranya	M20	DIN 934	8-as szilárdsági osztály	galvanizált
1	4	Csavaranya	M12	DIN 934	8-as szilárdsági osztály	galvanizált

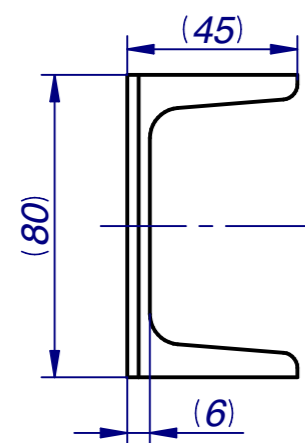
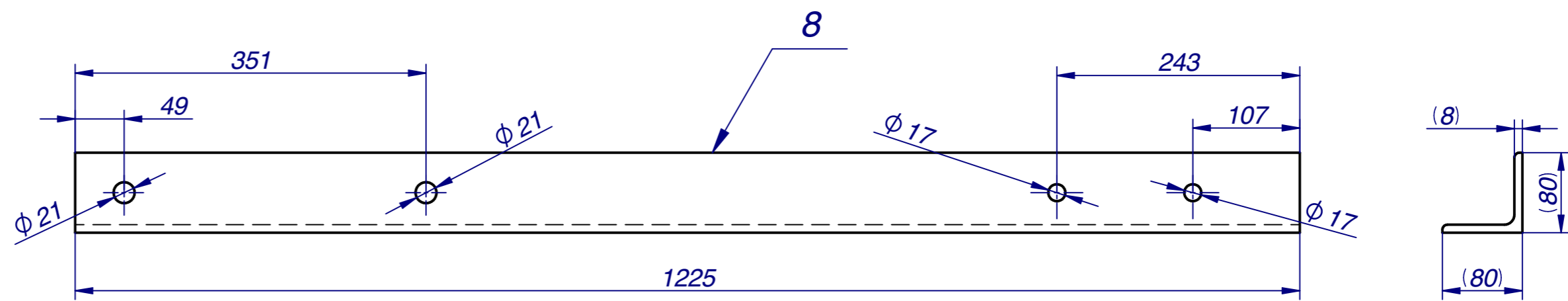
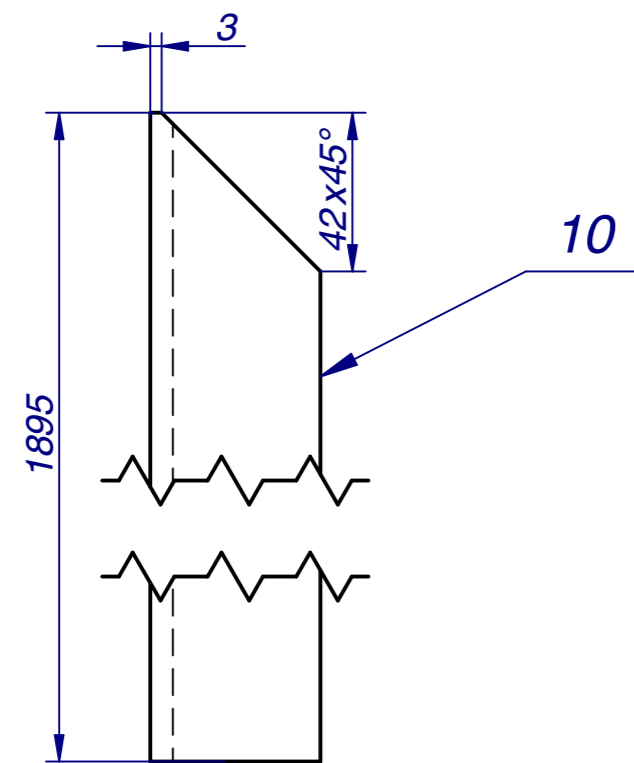
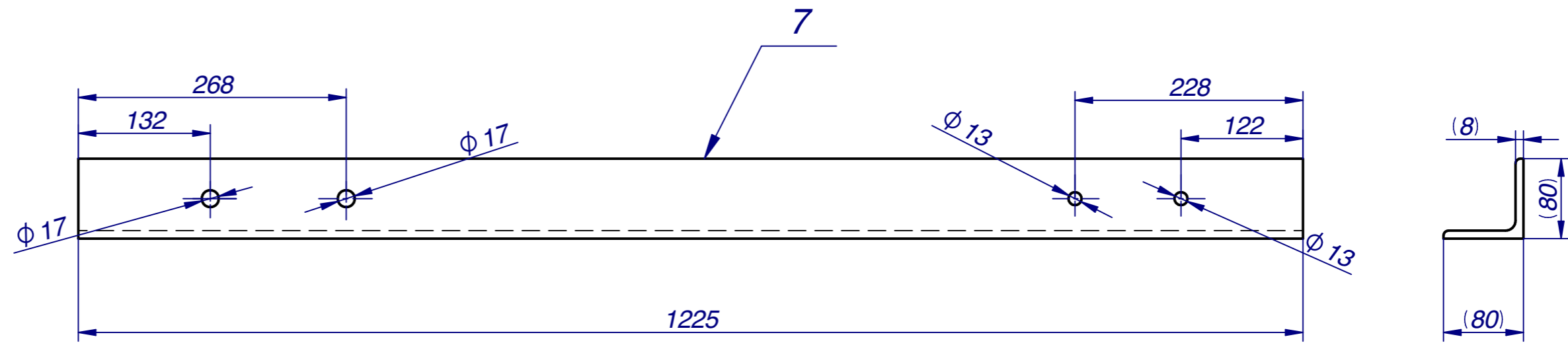
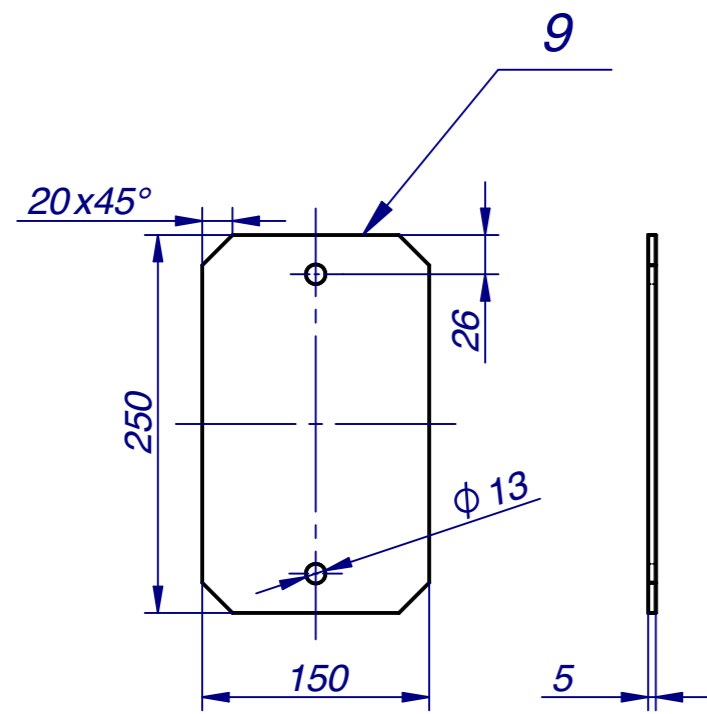
Revizió / Revision	Leírás / Description	Tervező / Designer	Név / Name	Aláírás / Signature	Ellenőr / Inspector	Név / Name	Aláírás / Signature	Dátum / Date
3								
2								
1								
0	1. kiadás, jóváhagyásra	Kondákor T.			Madarász I.			2025. 07. 15.

Méretarány / Scale	Létesítmény / Location	Neptun kód / Neptun code	Rajzszám / Doc. No.	Lapok sz. / No. of sh.	Lap sz. / Sheet No.
1:10	MATE Műszaki Intézet	RUUWVU	MATE-BSC_018	2	1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Megjegyzés:
Festve, 3 rétegben, műszaki leírás szerint!
A zárójelben lévő méretek kiadódó vagy meglévő méretek,
a *-al jelölt méretek a helyszínen pontosítani szükséges!

4. Melléklet



3								
2								
1								
0	1. kiadás, jóváhagyásra					2025.07.15.		
Revizió / Revision	Leírás / Description	Tervező / Designer	Ellenőr / Inspector	Név / Name	Aláírás / Signature	Név / Name	Aláírás / Signature	Dátum / Date
		Kondákor T.				Madarász I.		
Mégnevezés / Title		TSZ-01 csőtartó						
Méretarány / Scale	Létesítmény / Location	Neptun kód / Neptun code	Rajzszám / Doc. No.	Lapok sz. / No. of sh.	Lap sz. / Sheet No.			
1:5	MATE Műszaki Intézet	RUUWVU	MATE-BSC_018	2	2			

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Megjegyzés:
Festve, 3 rétegben, műszaki leírás szerint!
A zárójelben lévő méretek kiadódó vagy meglévő méretek,
a *-al jelölt méretek a helyszínen pontosítani szükséges!

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kondákor Tamás
A Hallgató Neptun kódja: RUUWVU
A dolgozat címe: Fűtőgáz előkészítő szeparátor gépészeti tervezése
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gépszerkezettani Tanszék

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. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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 mindenkor 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 eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Gödöllő, 2025. október 20.



Hallgató aláírása

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Kondákor Tamás
Neptun-kódja:	RUUWVU
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés 2. / MUSZK340N
A munka címe:	Fűtőgáz előkészítő szeparátor gépészeti tervezése

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

A dolgozat készítése során, a 11/2025 (VIII. 29.) számú rektori utasítás hatályba lépése.....

előtti MI használatot Hallgatónak nem kell feltüntetnie jelen nyilatkozat 3. pontjában.....

Az utasítás hatályba lépését követő MI használatot Hallgatónak - az utasítás értelmében -

kötelezően fel kell tüntetnie jelen nyilatkozat 3. pontjában.....

4. Doktori képzésben résztvevők nyilatkozata⁴

A doktori képzésben részt vevő hallgatókra a fentiekén túl az alábbi további szabályok vonatkoznak:

1. **Kötelező ismertetés:** A II. Táblázatban feltüntetett minden MI-használat körülményeit az értekezés "Anyag és módszer" fejezetében részletesen be kell mutatni.
2. **Témavezetői ellenjegyzés:** A nyilatkozatot a témavezetőnek is jóvá kell hagynia.

Kijelentem, hogy a fentebb részletezett, a doktori képzésre vonatkozó külön szabályokat megismertem és a disszertációm elkészítése során maradéktalanul betartom.

5. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő....., 2025.10..... hó ..16.. nap

.....
Husztó Tamás

Hallgató aláírása

.....
[Handwritten Signature]

Konzulens/Témavezető aláírása

⁴ Ez a pont kizárólag a doktori képzések hallgatóira vonatkozik, más képzési szinteken a rész a Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozatig törölhető a dokumentumból.

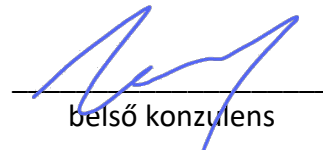
NYILATKOZAT

Kondákor Tamás (RUUWVU) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2025. október 15.


belső konzulens

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

7. sz. melléklete: Műszaki Intézet külső konzulensi nyilatkozat

KÜLSŐ KONZULENSI NYILATKOZAT

Kondákor Tamás (RUUWVU)

külső konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon rendszeresen megjelent.

Kelt: Gödöllő, 2025. október 20.



külső konzulens