

# Gépelemek mechatronikai mérnököknek

Vári Gergő (MQHJ0H)

2025. október 2.

## Karimás csőkötés tervezése



1. ábra: Összeállított modell

## 1. Házi feladat

Név: Vári Gergő.....

Neptun kód: MQHJ0H.....

Gyakorlatvezető: Szabó Gyula.....

### 1. A feladat bevezetése

A megadott adatokkal tervezzon egy csővéget vakkarimával lezáró csavarkötést és szilárdságilag ellenőrizze az elemeket.

### 2. A feladat értékelése

Az elérhető maximális pontszám 15 pont.

### 3. Adatok

A belső üzemi nyomás,  $p_i$ : .....15..... bar.

A cső névleges átmérője,  $DN$ : .....80..... mm.

A vezeték folyadékot szállít.

### 4. A feladat részletezése

- Vázolja fel méretarányosan a konstrukció előtervét!
- Számítsa ki a vakkarima minimálisan szükséges vastagságát, majd válasszon szabványos méretű lemezvastagságot!
- Válasszon megfelelő méretű lapos tömítést és számítsa ki a minimálisan szükséges tömítő erőt!
- Számítsa ki az üzemi nyomásból a csavarra jutó terhelést!
- Egy reális biztonsági tényező felvételével határozza meg a csavar előfeszítését és számítsa ki a szükséges meghúzási nyomatékot!
- Határozza meg a csavarban ébredő egyenértékű feszültséget és válassza ki a csavar megfelelő anyagát!
- Készítse el a kötés összeállítási rajzát! Jelölje rajta a főbb méreteket!

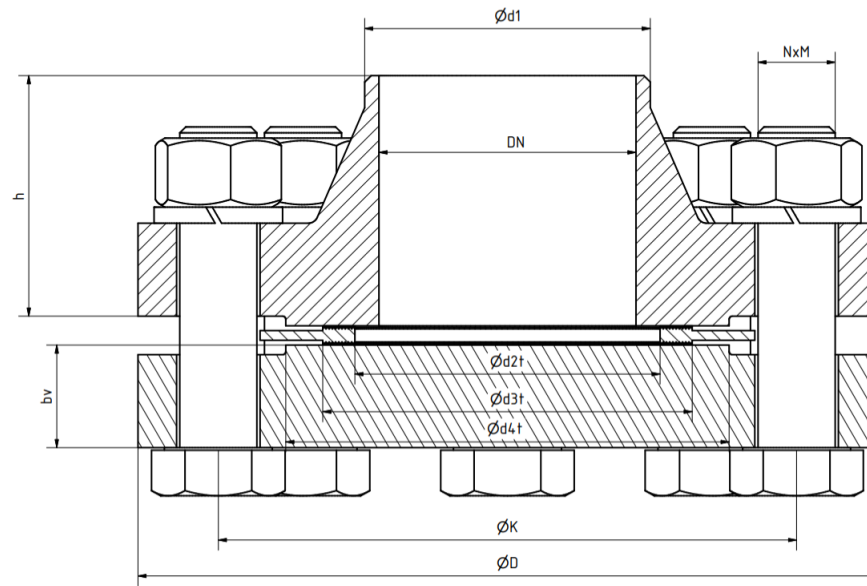
Beadási határidő: *a hallgatói tájékoztatóban leírtaknak megfelelően*

A feladat beadásával kijelentem, hogy ezt a feladatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és abban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint idéztem, vagy azonos tartalommal, de átfogalmazva más tartalomtól átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával jelöltem. Ennek megszegése a TVSZ 135§ értelmében kerül szankcionálásra!

## Tartalomjegyzék

<b>1</b>	<b>Konstrukció előterve</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vakkarima vastagsága és karima szabványok</b>	<b>2</b>
2.1	Szabvány -és anyagválasztás . . . . .	2
2.2	Előtervek . . . . .	2
2.3	Minimális vastagság . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Tömítés kiválasztása</b>	<b>5</b>
3.1	Minimális tömítőerő . . . . .	5
3.2	Szabvány -és anyagválasztás . . . . .	6
3.3	Előterv . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Csavarra jutó terhelés</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Csavar előfeszítése és meghúzási nyomatéka</b>	<b>7</b>
5.1	Csavar szabvány . . . . .	7
5.2	Meghúzási nyomaték . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Csavar anyagválasztás</b>	<b>9</b>
6.1	Redukált feszültség . . . . .	9
6.2	Méretezés . . . . .	9
<b>7</b>	<b>Összeállítási rajz</b>	

# 1 Konstrukció előterve



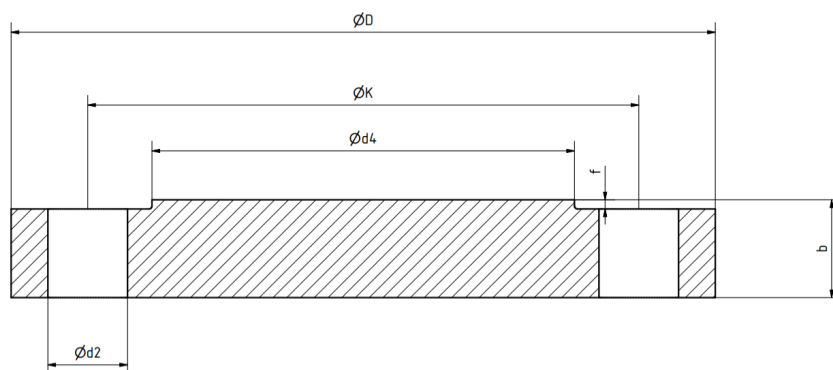
2. ábra: Konstrukció előtervének rajza

## 2 Vakkarima vastagsága és karima szabványok

### 2.1 Szabvány -és anyagválasztás

A 15 [bar] üzemi nyomás miatt a EN 1092-1 Type 11 - WNRF PN100 szabványt használtam a karimához. A vakkarimához ugyanezen okból a DIN 2527/E PN100 szabványt választottam. Munkaléces felületet választottam, hogy ne kelljen az egész sík felületet megmunkálni a tömítésnek. Anyagnak S235-es acélt választottam. ( $\sigma_{hajl} = 290$  [MPa])

### 2.2 Előtervek



3. ábra: Vakkarima előtervének rajza

$$D = 230 \text{ [mm]}$$

$$f = 3 \text{ [mm]}$$

$$d_4 = 138 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 26 \text{ [mm]}$$

$$K = 180 \text{ [mm]}$$

$$b = 32 \text{ [mm]}$$

$D$ : vakkarima külső átmérő [mm]

$f$ : kiugrás [mm]

$d_4$ : tömítő felület külső átmérő [mm]

$d_2$ : csavar lyukkör [mm]

$K$ : csavarok középátmérő [mm]

$b$ : vakkarima magassága [mm]



### 2.3 Minimális vastagság

A terhelést egy  $d_t$  átmérőjű körön átadódva egyenletesen eloszlódónak vesziünk és feltesszük hogy a törés egy egyenletes vonal mentén lesz. A vakkarimára ható erőt felvesszük a súlypontba  $(y_k, y_d)$ .

$$d_t = \frac{(d_1 - 2s) + d_4}{2} = 109 \text{ [mm]} \quad (1)$$

$$y_k = \frac{k}{\pi} \quad (2)$$

$$y_d = \frac{2}{3} \frac{d_t}{\pi} \quad (3)$$

$$(4)$$

$$b_{\min} = \frac{d_t}{2} \sqrt{\frac{3p_{\ddot{u}}}{\sigma_{\text{hajl}}} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{k}\right)} = 5.243 \text{ [mm]} \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{d_t^2}{4} \frac{3p_{\ddot{u}}}{b_{\min}^2} \left(1 - \frac{2}{3} \frac{d_t}{k}\right) = 7.783 \text{ [MPa]} \quad (6)$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{hajl}}}{\sigma} = 37.26 [-] \quad (7)$$

$d_t$ : tömítés középátmérő [mm]

$d_1$ : cső csatlakozás külső [mm]

$s$ : falvastagság [mm]

$d_4$ : tömítő felület külső átmérő [mm]

$k$ : csavar lyukkör [mm]

$y_k, y_d$ : súlypont távolsága a vakkarima kör középpontjától [mm]

$b_{\min}$ : karima minimális vastagsága [mm]

$p_{\ddot{u}}$ : belső üzemi nyomás [MPa]

$\sigma_{\text{hajl}}$ : maximális hajlító feszültség [MPa]

$\sigma$ : hajlító feszültség minimális karima vastagsággal [MPa]

$n$ : biztonsági tényező [-]

### 3 Tömítés kiválasztása

#### 3.1 Minimális tömítőerő

A belső nyomás miatti csőerő hat ellen az üzemi nyomásnak. A gyűrűfelületi csőerő nyom ellen a gyűrű alsó felülete alá benyomódó folyadéknak. A minimális tömítő erő szükséges ahhoz hogy a tömítetség kialakuljon. Ezek összege adja a csavarra ható üzemi erőt.

$$z = \frac{d_{2t} - d_{1t}}{2} = 10 \text{ [db]} \quad (8)$$

$$b_t^* = 9 + 0.2z = 11 \text{ [mm]} \quad (9)$$

$$F_{cső} = \frac{DN^2 \pi}{4} p_{\ddot{u}} = 7519.822 \text{ [N]} \quad (10)$$

$$F_p = \frac{(d_t^2 - DN^2) \pi}{4} p_{\ddot{u}} = 6457.151 \text{ [N]} \quad (11)$$

$$F_{töm} = n_t p_{\ddot{u}} \pi d_t b_t^* = 7345.2 \text{ [N]} \quad (12)$$

$$F_{csavar \text{ üzemi}} = F_{cső} + F_p + F_{töm} = 21\,342.174 \text{ [N]} \quad (13)$$

$$n_{birt_t} = 1.4 \text{ [-]} \quad (14)$$

$$F_{csavar \text{ szerelési}} = n_{birt_t} F_{csavar \text{ üzemi}} = 29\,879.044 \text{ [N]} \quad (15)$$

$z$ : fogak száma [db]

$b_t^*$ : tömítés hatásos szélessége [mm]

$F_{cső}$ : belső nyomásból származó csőerő [N]

$F_p$ : belső nyomásból származó gyűrűfelületi erő [N]

$F_{töm}$ : minimális tömítő erő [N]

$F_{csavar \text{ üzemi}}$ : csavarokra ható üzemi erő [N]

$n_{birt_t}$ : csavarokra ható szerelési erőhöz választott biztonsági tényező [-]

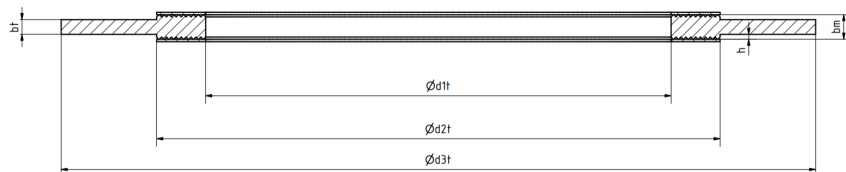
$F_{csavar \text{ szerelési}}$ : csavaroknál alkalmazott szerelési erő [N]



### 3.2 Szabvány -és anyagválasztás

A DIN EN 1514-6 B29A PN100 szabványt választottam és ez a tömítés nagy nyomásokat is kibír. 1.4541 fémből és egy PTFE borításból készül ahol a fém fésűk deformálják a műanyagot az előfeszítés hatására ezzel előidézve a tömítőerőt.

### 3.3 Előterv



5. ábra: Tömítés előtervének rajza

$$d_{1t} = 95 \text{ [mm]}$$

$$d_{2t} = 115 \text{ [mm]}$$

$$d_{3t} = 154 \text{ [mm]}$$

$$b_t = 3 \text{ [mm]}$$

$$b_m = 5 \text{ [mm]}$$

$$h_{\min}^{\max} = \begin{matrix} 0.3 \text{ [mm]} \\ 0.5 \text{ [mm]} \end{matrix}$$

$d_{1t}$ : tömítés belső átmérő [mm]

$d_{2t}$ : tömítés felfekvő felület külső átmérő [mm]

$d_{3t}$ : távtartó gyűrű külső átmérő [mm]

$b_t$ : távtartó gyűrű vastagság [mm]

$b_m$ : fém mag magasság [mm]

$h_{\min}^{\max}$ : szerelés utáni/előtti távolsága

PTFE lemezeknek a vasmag tetejétől [mm]

## 4 Csavarra jutó terhelés

A csavar terhelésének kiszámításához a legnagyobb fellépő erőt használjuk.

$$F_v = \frac{F_{\text{csavar szerelési}}}{n} = 3734.88 \text{ [N]} \quad (16)$$

$F_v$ : csavar terhelése [N]

$F_{\text{csavar szerelési}}$ : csavaroknál alkalmazott szerelési erő [N]

$n$ : csavarok száma [db]

## 5 Csavar előfeszítése és meghúzási nyomatéka

### 5.1 Csavar szabvány

$$p = 3 \text{ [mm]}$$

$$d_{3\text{cs}} = 20.319 \text{ [mm]}$$

$$d_{2\text{cs}} = 22.051 \text{ [mm]}$$

$$d_w = 33.6 \text{ [mm]}$$

$$b = 54 \text{ [mm]}$$

$$l = 100 \text{ [mm]}$$

$$\beta = 60 \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$\mu_{\min} = 0.1 \text{ [-]}$$

$$\mu_{\max} = 0.14 \text{ [-]}$$

$p$ : menet emelkedés [mm]

$d_{3\text{cs}}$ : orsó magátmérő [mm]

$d_{2\text{cs}}$ : csavar középátmérő [mm]

$\beta$ : menetprofil szöge [°]

$\mu_{\min}$ : súrlódási tényező [-]

## 5.2 Meghúzási nyomaték

$\alpha$  menetemelkedési szög számítható eddigi adatainkból. A látszólagos súrlódási félkúpszög ( $\rho'$ ) pedig az ismert súrlódási tényezőkből. A csavar meghúzásához szükséges nyomaték ( $M_{\text{meghúzási}}$ ) a csavar mentén ( $M_{\text{csavar}}$ ) -és az anya homlokfelületén ( $M_{\text{anya}}$ ) ébredő súrlódás összege.

$$\alpha = \arctan \frac{p}{d_{2cs}\pi} = 2.48 [^\circ] \quad (17)$$

$$\mu'_{\min} = \frac{\mu_{\max}}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (18)$$

$$\rho'_{\min} = \arctan \mu'_{\min} = \begin{matrix} 6.587 [^\circ] \\ 9.183 [^\circ] \end{matrix} \quad (19)$$

$$d_a = \frac{d_w + M}{2} = 28.8 [\text{mm}] \quad (20)$$

$$M_{\text{csavar}}^{\min}_{\max} = F_v \frac{d_{2cs}}{2} \tan \left( \alpha + \rho'_{\min}_{\max} \right) = \begin{matrix} 6571.065 [\text{Nmm}] \\ 8499.683 [\text{Nmm}] \end{matrix} \quad (21)$$

$$M_{\text{anya}}^{\min}_{\max} = F_v \frac{d_a}{2} \mu'_{\min}_{\max} = \begin{matrix} 5378.228 [\text{Nmm}] \\ 7529.52 [\text{Nmm}] \end{matrix} \quad (22)$$

$$(23)$$

$$M_{\text{meghúzási}}^{\min}_{\max} = M_{\text{csavar}}^{\min}_{\max} + M_{\text{anya}}^{\min}_{\max} = \begin{matrix} 11\,949.293 [\text{Nmm}] \\ 16\,029.202 [\text{Nmm}] \end{matrix} \quad (24)$$

$\alpha$ : menetemelkedés szöge  $[^\circ]$

$\mu_{\min}^{\max}$ : súrlódási tényező  $[-]$

$\beta$ : menetprofil szöge  $[^\circ]$

$d_a$ : anya felvekvő felület középmérete  $[\text{mm}]$

$M$ : csavar  $[\text{mm}]$

$d_{2cs}$ : menet középmérete  $[\text{mm}]$

$M_{\text{csavar}}^{\min}_{\max}$ : menet súrlódása  $[\text{Nmm}]$

$F_v$ : csavar terhelése  $[\text{N}]$

$\rho'_{\min}^{\max}$ : látszólagos súrlódási félkúpszög  $[^\circ]$

$M_{\text{anya}}^{\min}_{\max}$ : csavaranya felülete alatti súrlódás  $[\text{Nmm}]$

$M_{\text{meghúzási}}^{\min}_{\max}$ : meghúzási nyomaték  $[\text{Nmm}]$

## 6 Csavar anyagválasztás

### 6.1 Redukált feszültség

$$A_e = \frac{\left(\frac{d_{2cs}+d_{3cs}}{2}\right)^2 \pi}{4} = 352.49 [\text{mm}^2] \quad (25)$$

$$\sigma = \frac{F_v}{A_e} = 10.6 [\text{MPa}] \quad (26)$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{d_{2cs}+d_{3cs}}{2}\right)^3 \pi}{16} = 1866.88 [\text{mm}^3] \quad (27)$$

$$M_{csavar} = M_{\text{anya}_{\max}} \quad (28)$$

$$\tau = \frac{M_{csavar}}{K_p} = 4.033 [\text{MPa}] \quad (29)$$

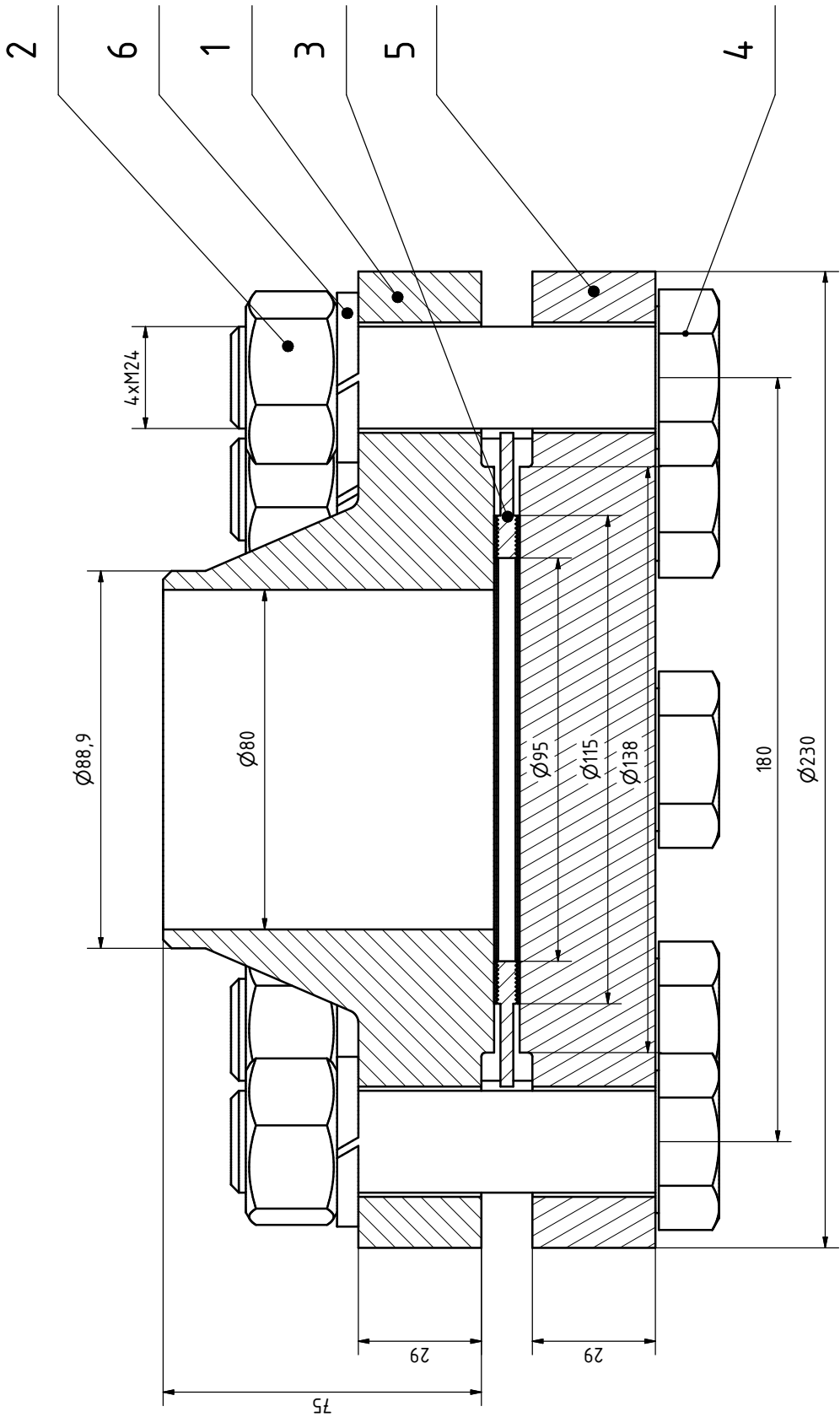
$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 12.691 [\text{MPa}] \quad (30)$$

### 6.2 Méretezés

$$R_{eH} = 180 [\text{MPa}] \quad (31)$$

$$n_{\text{bizt}_{cs}} = \frac{R_{eh}}{\sigma_{\text{red}}} = 14.183 [-] \quad (32)$$

$A_e$ : csavar erőt vivő keresztmetszet terület  $[\text{mm}^2]$   
 $d_{2cs}$ : menet középátmérő  $[\text{mm}]$   
 $d_{3cs}$ : orsó magátmérő  $[\text{mm}]$   
 $\sigma$ : húzó feszültség  $[\text{MPa}]$   
 $F_v$ : csavar terhelése  $[\text{N}]$   
 $K_p$ : csavar keresztmetszet poláris másodrendű nyomaték  $[\text{mm}^3]$   
 $M_{csavar}$ : csavar mentén súrlódásból származó csavaró nyomaték  $[\text{Nmm}]$   
 $M_{\text{anya}_{\max}}$ : csavaranya felülete alatti maximum súrlódás  $[\text{Nmm}]$   
 $\tau$ : csavaró feszültség  $[\text{MPa}]$   
 $\sigma_{\text{red}}$ : redukált feszültség  $[\text{MPa}]$   
 $R_{eH}$ : folyáshatár  $[\text{MPa}]$   
 $n_{\text{bizt}_{cs}}$ : csavar biztonsági tényező  $[-]$



6	8	Rugós alátét	Ø24 x 5	DIN 127 - A 24	Acél	0,029 kg
5	1	Vakkarima	Ø230x32	HF1-100-2	S235	8,844 kg
4	8	Hatlapfejű csavar	M24 x 100	ISO 4014 - M24 x 100	Acél 3.6	0,478 kg
3	1	Tömítés	Ø154x6	HF1-100-3		0,326 kg
2	8	Hatlapfejű anyacsavar	M24 x 21,5	ISO 4032 - M24	Acél	0,127 kg
1	1	Karima	Ø80x78	HF1-100-1	S235	8,691 kg
Tsz	Db	Megnevezés	Méret	Rajkszám	Anyag	Tömeg

Név:	Gyártmány:	Mérté- arány: 1:1	BME Gép- és Terméktervezés Tanszék
Vári Gergő	BMGE-250		
Dátum:	Megnevezés:		
2025. 09. 30.	Karimás csőkötés	Vel. mód	Rajzszám:
Ellenőrizte:	Anyag:	⌀	HF1-000-1
		22,932	22,932
		kg	kg