

DIPLOMADOLGOZAT

BARCSIK KRISTÓF
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak

KOLLIMÁTOR EGYSÉG FEJLESZTÉSE
ÚJGENERÁCIÓS KLINIKAI CT-HEZ

Belső konzulens: Dr. Kátai László
egyetemi tanár

Külső konzulens: Támcsu Zsolt
mechanikai fejlesztőmérnök

Készítette: **Barcsik Kristóf**
KLCP6N
levelező tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet
Gépszerkezettani Tanszék

Gödöllő
2023

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Műszaki fejlesztő specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Barcsik Kristóf (KLCP6N)

részére

A diplomadolgozat címe:

Kollimátor egység fejlesztése újgenerációs klinikai CT-hez

Feladatkiírás:

A feladat a Mediso Kft. újgenerációs CT berendezésének egy kritikus fontosságú eszközének, a röntgensugár határolására szolgáló kollimátor egységnek a megtervezése.

Elvégzendő feladatok:

- Kollimátor ház kialakításának megtervezése
- Cone- és Fan szögek állításának kidolgozása
- Bowtie filterek mozgásrendszerének kidolgozása
- Tüdővizsgálatoknál alkalmazott előtét szűrőlemez mozgásrendszerének kidolgozása
- Ólomárnyékolások megtervezése
- Elektronikai komponensek beépítésének gépészeti tervezése

Közreműködő tanszék: Gépszerkezettani Tanszék

Külső konzulens: *Támcsu Zsolt, mechanikai fejlesztőmérnök, Mediso Kft.*

Belső konzulens: *Dr. Kátai László, MATE, Műszaki Intézet*

A dolgozat beadási határideje: 2023.11.06.

Kelt: Gödöllő, 2023.03.10.

Kátai László

(tanszékvezető)

Jóváhagyom
[Signature]

(szakfelelős)

Átvettem
Barcsik Kristóf

(hallgató)

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

Kelt: Budapest, 2023.10.20.

Támcsu Zsolt

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. A FELADAT MEGFOGALMAZÁSA, CÉLKITŰZÉS.....	3
2. IRODALOMKUTATÁS	4
2.1. Orvosi képalkotásról általánosságban.....	4
2.2. Fontosabb klinikai felhasználású anatómiai képalkotó eljárások.....	5
2.3. Komputertomográfia.....	8
2.4. Kollimátorok szerepe a képalkotó folyamatokban	12
3. A CÉG JELENLEGI KONSTRUKCIÓJÁNAK BEMUTATÁSA	14
3.1. A Mediso Kft. rövid bemutatása.....	14
3.2. A jelenleg használt kollimátor egység ismertetése	15
4. MÁS GYÁRTÓK KOLLIMÁLÁSI MEGOLDÁSAI	21
5. A TERVEZENDŐ KOLLIMÁTOR EGYSÉG POZÍCIÓJÁNAK ISMERTETÉSE AZ ÚJGENERÁCIÓS BERENDEZÉSBEN	24
5.1. Az újgenerációs CT Gantry felépítése.....	24
5.2. A kollimátor egység elhelyezkedése a Gantry-n	25
6. KÖVETELMÉNYJEGYZÉK.....	26
7. KONCEPCIÓKÉPZÉS, AZ EGYES MEGOLDÁSI VÁZLATOK BEMUTATÁSA ÉS RÖVID ÉRTÉKELÉSE.....	29
7.1. Előtét szűrőlemez és hajtásrendszere.....	30
7.2. Bowtie filterek és hajtásrendszerük	33
7.3. Fan szög állítás és hajtásrendszere	35
7.4. Cone szög állítás és hajtásrendszere	38
7.5. Az elemek megvezetési lehetőségei	41
7.6. A kollimátor ház kialakítási lehetőségei.....	42
8. A VÉGLEGES MEGOLDÁSOK KIVÁLASZTÁSA	44
9. A MEGTERVEZETT ÚJGENERÁCIÓS KOLLIMÁTOR EGYSÉG RÉSZLETES BEMUTATÁSA.....	45
9.1. Kollimátor ház	45
9.2. Cone szög állítás	49
9.3. Fan szög állítás	53
9.4. Bowtie filter és előtét szűrőlemez.....	58
9.5. Ólomárnyékolás.....	64
9.6. Elektronikai egységek gépészeti tervezése	65
9.7. A Gantry-re szerelt NG kollimátor egység.....	68

10. TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK	70
11. MAGYAR NYELVŰ TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ.....	71
12. ANGOL NYELVŰ TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ (SUMMARY).....	72
13. IRODALOMJEGYZÉK	73
14. ÁBRAJEGYZÉK.....	74
15. JELÖLÉSEK JEGYZÉKE.....	76
16. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	77
17. MELLÉKLETEK	78

1. A FELADAT MEGFOGALMAZÁSA, CÉLKITŰZÉS

Diplomamunkám témáját munkahelyem, a Mediso Kft. biztosította számomra, ahol 2020 áprilisa óta dolgozom mechanikai fejlesztőmérnökként.

A Diplomamunka feladata, rendszerének meghatározása: a jelen dolgozat kizárólag a röntgensugár határolására használt eszköz, az úgynevezett kollimátor egység mechanikai tervezését és a komplett egység beépítésének megoldását foglalja magába a vállalat újgenerációs CT berendezéséhez. A működtetéséhez szükséges kábeltervezés, illetve vezérlési logika előállítása ugyan nem feladata a Diplomamunkának, de a gépészeti tervezés során szem előtt kell tartani a különféle nyomtatott áramkörök elhelyezhetőségét, illetve a kábelek elvezethetőségét. A tervezendő kollimátorral kapcsolatos elvárásokat a Követelményjegyzék című, 6. fejezetben részletezem.

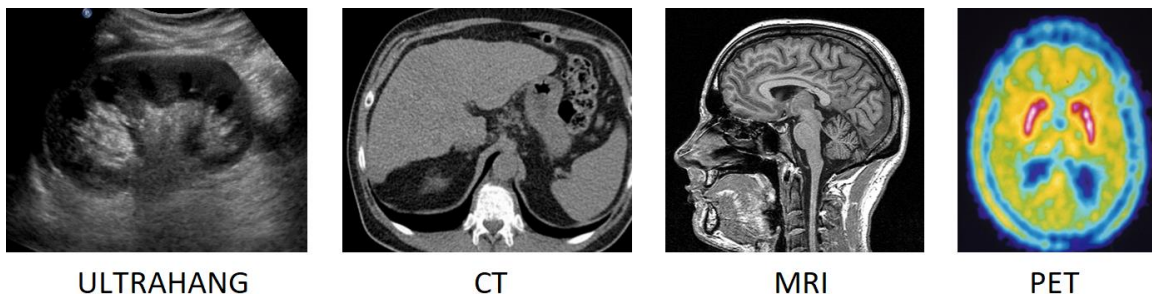
Az egység tervezése előtt, az irodalomkutatást követően először a cég máig használt kollimátorát, majd a konkurens gyártók megoldásait is elemzem a szükséges következtetések levonása érdekében.

Több koncepció kezdeti szintű kidolgozását, majd ezek komplex összehasonlítását követően a legmegfelelőbbnek ítélt megoldások kerülnek részletes kidolgozásra.

2. IRODALOMKUTATÁS

2.1. Orvosi képalkotásról általánosságban

Napjainkban a nukleáris fizikában kidolgozott módszerek számos gyakorlati megoldását felhasználjuk az ipar több területén, ahogy az orvostudományban is. Ezen a területen közülük legnagyobb jelentőséggel a különféle képalkotó eljárások bírnak; a XXI. századra természetessé vált számunkra ezek megjelenése és alkalmazása a diagnosztikai folyamatokban. Ezen eljárások segítségével mind élő szervezetek, mind élettelen objektumok belsejébe tudunk betekintést nyerni és onnan strukturális, vagy funkcionális információkat kinyerni. A képalkotó eljárások alkalmazásának talán legnagyobb előnye, hogy azok nem invazívak, vagyis a testen nem kell (egy injekciónál) nagyobb méretű bevágást, szúrást ejteni az információk kigyűjtéséhez. Ugyanakkor a képalkotó berendezések által mért eredmények szakszerű kiértékeléséhez összetett tudás és kellő jártasság is szükséges. A teljesség igénye nélkül pár ilyen eljárással készült orvosi felvétel látható a következő, *2.1. ábrán*. [2]



2.1. ábra: Néhány ismertebb képalkotó eljárással készített orvosi kép (Forrás: [10])

Az orvosi képalkotó eljárások során egy élő szervezet adott szervében a kontrasztot adó (bio)fizikai jelenséget lokalizáltan detektálják, majd azt a kellő matematikai apparátus segítségével leképezik, végül képi információvá alakítják. Az így készített képeken az egyes területek közötti megkülönböztethetőséget a kontraszt adja. A (bio)fizikai jelenség alapján különböző képalkotó eljárásokat tudunk egymástól megkülönböztetni, melyeket röviden modalitásoknak szokás nevezni. [2], [3]

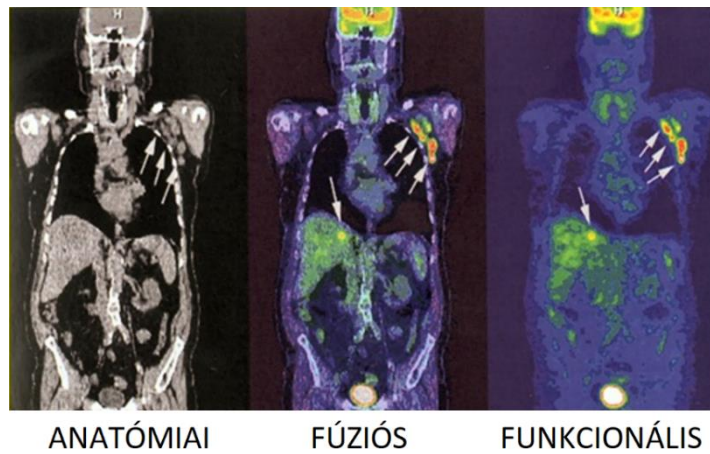
A képalkotó eljárással kinyert információ típusa szerint beszélhetünk anatómiai (strukturális/morfológiai – pl. röntgenfelvétel csonttörés gyanúja esetén), illetve funkcionális (fiziológiai/élettani – pl. izotópos vizsgálat májrák esetén) vizsgálatokról. Számos esetben e kettő kombinációjával előállított úgynevezett fúziós képre (*2.2. ábra*) van szükség, melynél a test anatómiai képére egy másik színskála alkalmazásával rávetítik a test funkcionális képét. [1]

Az egyes modalitások felhasználási területe szerint megkülönböztethetünk klinikai (humán), illetve pre-klinikai (kisállatok kutatási célú vizsgálata) felhasználási területet.

Főbb anatómiai képalkotó berendezések: Ultrahang (UH), Planáris röntgen, CT, MRI.

Főbb funkcionális képalkotó berendezések: Planáris gamma kamera, SPECT, PET.

[10]



2.2. ábra: Anatómiai, funkcionális és fúziós képalkotással nyert képek (Forrás: [10])

2.2. Fontosabb klinikai felhasználású anatómiai képalkotó eljárások

Mivel a tervezendő egység is egy klinikai anatómiai leképező eszközhöz készül, ezért ebben az alfejezetben röviden bemutatom az ebbe a csoportba tartozó főbb készülékeket, a velük végzett vizsgálatok fontosabb előnyeit és hátrányait.

A röntgen-CT-s képalkotás (ami szintén ebbe a csoportba tartozik) általános ismertetése a következő, 2.3. alfejezetben kerül részletesebb bemutatásra.

Ultrahangos képalkotás:

Ezen vizsgálat során azt a fizikai jelenséget aknázzák ki, hogy az (ultra)hang képes visszaverődni különböző tárgyokról, közegethatárokról (pl. a denevér is így tájékozódik). A vizsgálat legfontosabb eszköze az úgynevezett transzducer, amely gyakorlatilag egy piezoelektromos kristály. Ennek a segítségével keltjük (inverz piezoelektromos hatás) és érzékeljük (direkt piezoelektromos hatás) az ultrahangot. Keltés esetén a kristályra olyan váltakozó áramú feszültséget kapcsolnak, amelynek a frekvenciája megegyezik az ultrahang frekvenciájával. Ezzel egyenértékű frekvenciájú rezgés keletkezik a kristályban, ami aztán hangként terjed tovább. Detektálásnál a visszaverődő ultrahang eléri a kristályt és rezgésbe hozza azt, így azon mérhető feszültség keletkezik. A vizsgálatnál a kontrasztot az adja, hogy a közegek eltérő akusztikus keménységgel (impedanciával) rendelkeznek, vagyis a szervek megjeleníthetőségét az biztosítja, hogy azok hangvisszaverő képessége eltér egymástól. A visszaverődés helye, az úgynevezett lokalizálás, matematikai összefüggéssel, az ultrahang utazási idejéből számolható, ugyanis a kibocsátástól a visszaverődésig eltelt idő egyenesen arányos a visszhangot keltő közegethatár távolságával. Annak érdekében, hogy a testfelület és

a transzducer között ne legyen a hang intenzitását csökkentő levegős közeghatár, akusztikus gélt alkalmaznak a bőrön. Ezen vizsgálatokkal, 2D, 3D és 4D képet is kaphatunk. [3]

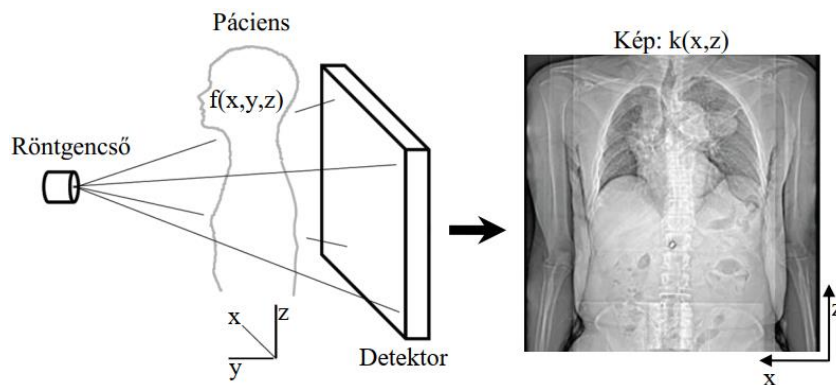
Az ultrahangos képalkotás legfőbb előnye, hogy a vizsgálat teljesen veszélytelen. Ezen berendezések kompakt kialakítása lehetővé teszi azok könnyű hordozhatóságát, illetve működtetésük is kimondottan olcsónak számít a többi képalkotóval szemben. Ugyanakkor hátránya, hogy gyenge felbontású, esetenként gyenge kontrasztú, a kapott kép eredményét pedig nagyban befolyásolja a vizsgáló orvos jártassága. A módszer nem fuzionálható, vagyis más képalkotó(k)hoz nem lehet hozzáilleszteni. [3]

Planáris röntgen képalkotás:

Az orvosi képalkotó eljárások között ez a legrégebb óta használatban lévő. Az alapját szolgáló fizikai jelenséget 1895-ben fedezte fel Wilhelm Conrad Röntgen (*német fizikus és gépészmérnök*), melyet egy évvel később már alkalmaztak is az orvoslás gyakorlatában. A tudós a sugárzás felfedezéséért pár évvel később, 1901-ben elsőként kapta meg a fizikai Nobel-díjat. Röntgen miközben a katódsugarakkal foglalkozott, megállapította, hogy az anódból az elektronsugárzás mellett egy másfajta sugárzás is kilép, ami az előbbivel ellentétben több méteres út megtételére is képes, elfeketítve a sötétben ott tartott fotópapírt. Ezt követően a katódsugárcsövet átalakították, hogy ennek a sugárzásnak az intenzitása minél nagyobb lehessen. Az így kapott eszköz a röntgenső nevet kapta. Az akkor még ismeretlen sugárzást „X” sugárzásnak keresztelték el, amit angolul mai napig használnak (X-Ray), míg azt a német kultúrterületen inkább röntgensugárzásként ismerik. A detektálás ebben az időben a sugárzás hatására elfeketedő fotópapírral, vagy annak hatására világító fluoreszcens ernyők segítségével történt. A kontrasztot gyakorlatilag az objektumok vastagsága és sűrűsége adja, mivel a sugárzás áthatolóképessége csökken az anyag sűrűségével (Lambert-Beer sugárgyengülési törvény). Sajnos kezdetben nem tudták, hogy ennek a sugárzásnak a szervezetre súlyosan káros hatásai vannak, ezért szélesebb körben alkalmazták a legindokolatlanabb tevékenységek elvégzésére is, pl. cipők felpróbálására, hogy hogyan passzolnak azok belülről a lábon. A legnagyobb sugárterhelést az orvosok és a csöveket készítő munkások szenvedték el. Az orvosok esetében a fő problémát az jelentette, hogy közvetlenül néztek a fluoreszcens ernyőre ezeknél a vizsgálatoknál, míg a munkások esetében testi deformációk következtek be. [2], [3]

A röntgensövek mai kialakítása ugyanakkor már teljesen biztonságos, a csőnek egy ablaka van, a sugárzás csak azon tud kilépni, így a folyamat jól irányított. A fotópapírt és a fluoreszcens ernyőt pedig leváltották a szcintillációs kristályon alapuló digitális detektorok. A röntgensugárzás a szcintillációs kristályban fényfotónná alakul (rövid fényimpulzust

bocsát ki), ezeket egy fotodiódasorra leképezzük és digitális képpé alakítjuk. A vizsgálat alapelve a 2.3. ábrán látható. [2], [3]



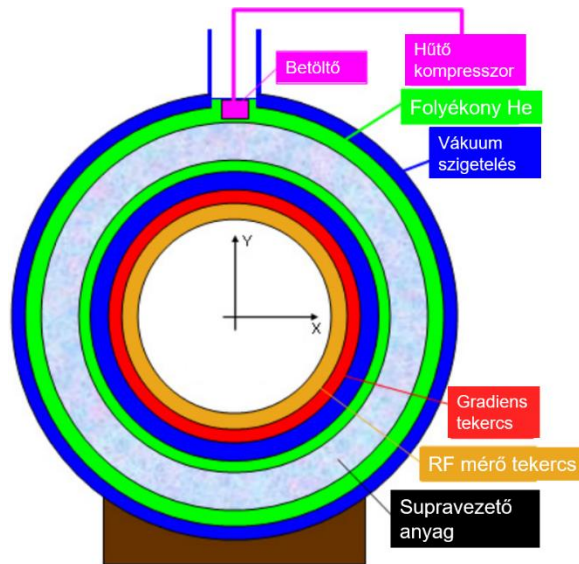
2.3. ábra: Planáris röntgen vizsgálat elve (Forrás: [2])

A módszer főbb előnyei között tartjuk számon a vizsgálat gyorsaságát (1 felvétel elkészítéséhez kevesebb mint 1 másodperc szükséges), illetve a megbízható és megismételhető vizsgálati eredményt. A csontok, implantátumok láthatósága kiváló. Hátránya viszont, hogy a lágyszövet kontraszt gyenge, éppen ezért a rákos szövet sem látszódik mindig, illetve a vizsgálat a páciens részére (minimális) sugárterheléssel jár. A 2D-s eredmény miatt nem fuzionálható ez az eljárás sem további modalitásokkal. [2], [3]

MRI képkalkotás:

A mágneses rezonancia képkalkotás (Magnetic Resonance Imaging) az előzőktől picit összetettebb eljárás. Az emberi test kb. ~10%-át hidrogén képezi. A hidrogénatom protonja gyakorlatilag egy apró kis dipólus mágnesként képzelhető el, ezt a terület fizikusai spinnek nevezik. Ezek a protonok a testben rendszertelenül, különböző irányokba fordulva állnak, viszont egy külső, nagyobb mágneses tér hatására a pólusok beállnak az ellentétes irányok felé. Ha a hidrogénatommagot rádiófrekvenciás hullámmal (elektromágneses sugárzással) besugározzuk, akkor ez a dipólus mágnes elkezd rezonálni. A besugárzás megszüntetésével a dipólusok visszafordulnak a kiinduló állapotukba és az addig elnyelt sugárzást elkezdik kibocsátani magukból. Mivel mind a gerjesztő, mind a kibocsátott jel egy rádiófrekvenciás (RF) hullám, ezért a detektor is gyakorlatilag egy érzékeny rádióantenna. A testben lévő atomok nem mindenhol egyformán viselkednek az RF hullámra, az egyik testrészben lévő atommagok más frekvenciára tudnak rezonálni, mint egy másik testrészben lévő atommagok. Ezért térben eltérő mágneses teret kell generálni, ami egy térben eltérő RF jelet hoz létre, ennek köszönhetően a visszanyert információ helykódolttá válik. A mért eredmény azonban még nem kép, azt a digitális jelekből matematikai képrekonstrukció segítségével tudjuk kinyerni. A rezgéseknek a lecsengési ideje a konkrét biológiai-kémiai környezettől függ, ezért a kontrasztot végső soron a lecsengési idők közötti különbségek adják. [1], [4]

A kellően nagy (1-3 Tesla) mágneses tér létrehozásához egy szupravezető mágnes szükséges. Ennek a hűtése folyékony héliummal történik, kb. -270°C -on (hélium olvadáspontja). A lokalizáláshoz úgynevezett gradiens- és RF tekercseket alkalmaznak. A jó detektálás feltétele, hogy ezeket a pácienshez közel kell elhelyezni. Egy ilyen berendezés elvi vázlatát a 2.4. ábrán látható. [3]



2.4. ábra: Az MRI berendezések elvi kialakítása (Forrás: [10])

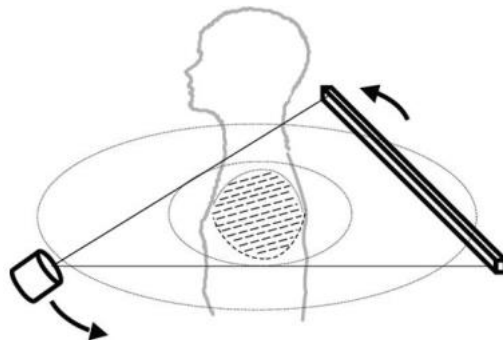
Az MRI-s képalkotás egyik legnagyobb előnye a kitűnő lágy szövet kontraszt. Az eljárás 3D-s képet nyújt, így ez a modalitás már fuzionálható. Bár az emberi test igen magas mágneses térnek van kitéve a vizsgálat közben, nincs ismert káros hatása arra. Az MRI vizsgálat során a páciensnek másfajta veszélyek fenyegethetik. Az egyik ilyen a klausztrofóbia érzete. A tekercseket a testhez közel kell elhelyezni, ezért a páciensnek egy meglehetősen szűk csőben kell feküdnie, számos esetben akár 15 percig is. A hosszú és zajos vizsgálati idő alatt nagyobb az esélye annak, hogy a páciens elmozdul, ami képeltorzást eredményezhet. MRI vizsgálatok során azonban a legnagyobb veszélyt az úgynevezett „lövedékhatás” jelenti. A mágneses tér nagyságától függő rádiuszban a gép magához húzza a mágneses tárgyakat. A páciensek esetleges piercing-jei, vagy fém (pl. ólom) tartalmú tetoválásai a mágneses tér hatására felmelegednek és a testen égési sérüléseket okoznak, szélsőséges esetben akár ki is tudja tépni onnan azokat. A berendezés folyamatos hűtését biztosítani szükséges, ezáltal mind bekerülési érték, mind üzemeltetés szempontjából ez a legdrágább modalitás. Mivel az eljárás lassú, sürgősségi esetekre nem használható. [3], [4]

2.3. Komputertomográfia

A számítógépes tomográfia, vagy angolul Computed Tomography (CT), esetleg Computed Axial Tomography (CAT) tulajdonképpen egy továbbfejlesztett planáris röntgen

vizsgálat. A tomográfia szó arra utal, hogy ez a modalitás rétegvizsgálatokra alkalmas, vagyis a vizsgált páciensről térbeli információt tartalmazó képet alkotnak. A vizsgálat végeztével egymással párhuzamos képszeleteket hoznak létre, a 3D-s képet pedig ezek az egymás mellé helyezett szeletek adják. Az első kezdetleges CT vizsgálatot 1971. október 1-én végezték el az Atkinson Morley kórházban Londonban. Ez a vizsgálat Godfrey N. Hounsfield (*villamosmérnök*), illetve James Ambrose (*neurológus*) nevéhez fűződik. A módszer forradalmasította a radiológiát, melyet követően egymástól függetlenül több kutató is elkezdett foglalkozni és ért el úttörő eredményeket a témában, de a Nobel-díjat végül 1979-ben Hounsfield és az eljárás képrekonstrukciójának matematikájával foglalkozó Allan M. Cormack kapta. [1], [3], [8]

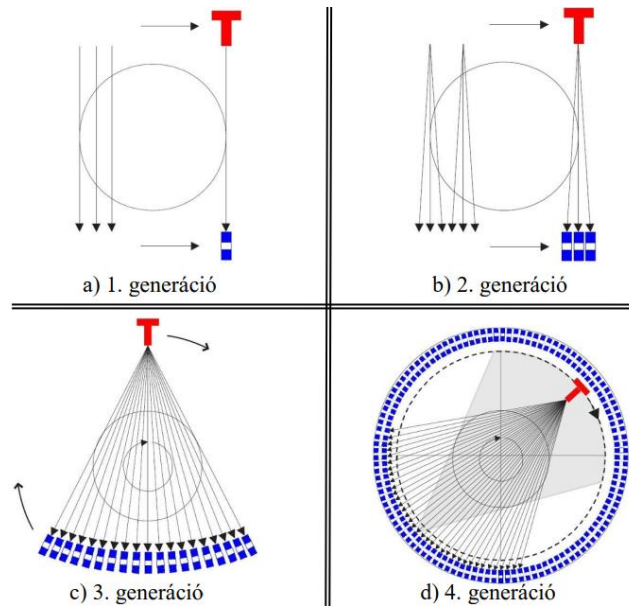
Az eljárás során a röntgensövet egy 360° -ban forogni képes eszközre, az úgynevezett Gantry-re erősítik. Radiális irányban vele szemben helyezkedik el a detektort, a kettő között pedig a páciens található (2.5. ábra). A vizsgálat során a detektoron mérjük a sugárzás intenzitását, melyet a gép forgása okán minden irányból elvégzünk. Az adatgyűjtés során a páciens úgynevezett keskeny röntgenkép geometriája folyamatosan változik annak függvényében, hogy milyen irányból sugárzunk át rajta. Az ebből kapott eredmény a színogram. A színogramot a Radon-transzformáció (*Johann Radon, osztrák matematikus*) segítségével tudjuk képi információvá alakítani. A vizsgálat eredménye végső soron az úgynevezett tomogram, ami egy metszeti kép, vagyis egy 3D-s anatómiai információ. [1], [4]



2.5. ábra: A CT vizsgálatok alapelve (Forrás: [2])

A CT gépek folyamatos fejlesztése során több, egymástól jól megkülönböztethető generációs csoport alakult ki. Ezek elsősorban a detektor és a röntgenső mozgáspályájában, valamint a detektorok kialakításában, elhelyezésében és azok darabszámában különböznek egymástól. Az egyes generációk elve a 2.6. ábrán látható. Az 1. generáció gépeinél a detektor és a röntgenső a vizsgálat során először translációs mozgást végeztek, majd ennek végeztével fordultak a páciens körül a következő pozícióba, így a röntgensugarak egymással párhuzamos irányúak voltak. Ez az eljárás rendkívül lassú volt, kb. 5 perc/szelet időszükséglettel rendelkezett az adatgyűjtés. Azzal próbálták ezt az időtartamot lerövidíteni,

hogy több detektort helyeztek el egymás mellé, de azok mozgási rendszere alapvetően nem változott, ezt nevezzük 2. generációnak. Jelentős gyorsulást értek el a kialakítás módosításával, kb. 20 másodpercre tudták csökkenteni az adatgyűjtési időt. [2]

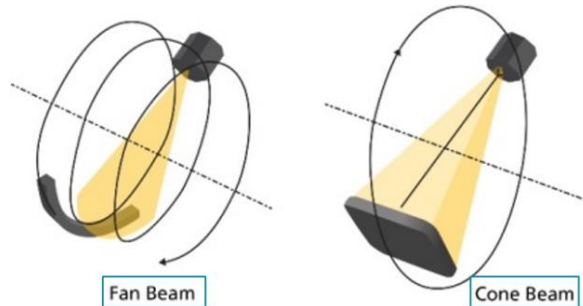


2.6. ábra: CT generációk (Forrás: [2])

Napjaink legtöbb CT berendezése a 3. generációba sorolandó. Ennél a kialakításnál a röntgensővel szemben helyezkedik el a detektor, translációs mozgásra egyáltalán nincs szükség, csak e kettő együttes forgására a páciens körül. Az ilyen gépek esetében a detektor befoglaló mérete a röntgenső teljes látómezejét lefedi. Ezzel szemben a 4. generációs CT berendezéseknél a páciens teljesen körbeveszik az álló detektorok, csak a röntgenső forgatására van szükség a beteg körül. Ennek a típusnak a bekerülési- és az üzemeltetési költsége a legmagasabb az egyes generációs kialakítások között jelenleg, ezért széles körben még nem tudtak elterjedni. [2]

A 3. generáción belül két altípust tudunk megkülönböztetni, ezek az úgynevezett legyezősugaras (Fan Beam), illetve az újabb kialakítású, képsugaras (Cone Beam) CT-k (2.7. ábra). A Fan Beam esetében egy keskenyre nyitott röntgenforrás található a Gantry-n, amivel megvilágítunk egy keskeny, de széles pixelsort. Ez általában 16 db pixelsort tartalmaz, de vannak ennél több pixelsorral rendelkező gépek is (64-256 db). A Gantry-t magas fordulatszámon kell üzemeltetni (0,5-1 másodperc/körbefordulás) a vizsgálat során, mivel egy körbefordulással relatív kis testrész (10-20 mm-es szakasz) rekonstruálható. A vizsgálathoz folyamatos, vagy szaggatott ágymozgatás is szükséges. Ennél a kialakításnál a különféle hardver elemek a Cone Beam-mel összevetve bonyolultabbnak és drágábbnak is számítanak. Ez utóbbi esetében egy szélesre nyitott röntgenforrás, vele szemben pedig egy majdnem négyzetes alakú kiterjedt síkdetektor található. Ennek eredményeként egy forgással

nagyobb térfogatot tudunk rekonstruálni, ágymozgásra pedig gyakorlatilag nincs is szükség a vizsgálat közben. Az ilyen gépek forgási szükséglete jóval lassabb (30-160 másodperc/körülfordulás), többek között ennek is köszönhető az olcsósága. Viszont a végeredmény kevésbé pontos; ugyan jó felbontást, de zajosabb képet eredményez. [1], [2]



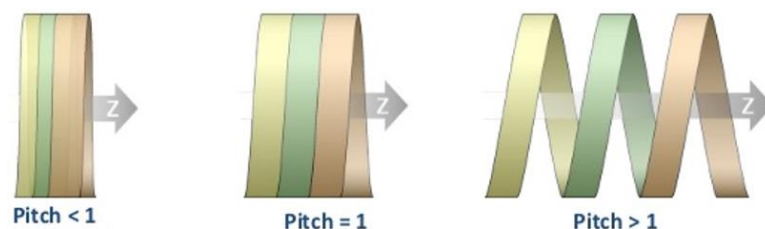
2.7. ábra: Legyezősugaras és képsugaras CT elvi kialakítása (Forrás: [10])

A CT képalkotókat szokás a gyűjtés módja szerint is csoportosítani. A vizsgálatok esetében a rekonstruálásra kijelölt részt ScanBox-nak nevezik (pl. a teljes koponya). Az 1 forgással rekonstruálható szakasz ennél kisebb (pl. a koponya 10-20 mm-es része), melyet a szakirodalom FOV-nak (*Field of View*, „Z” irányú detektorvastagság, vagy szeletvastagság) hív. Amennyiben a ScanBox kisebb, mint a FOV, úgy ágymozgásra nincs szükség, ezt Axial, vagy Circular gyűjtésnek nevezik. Amennyiben nagyobb, úgy az ágy translációs mozgása szükséges. MultiAxial/MultiCircular gyűjtésről akkor beszélünk, ha az ágymozgás szakaszos, ha pedig folyamatos, Spirál/Helical a gyűjtés megnevezése. [5]

Spirál CT-k esetében fontos paraméter az úgynevezett „Pitch” (p) érték: [5]

$$p = \frac{\text{Ágymozgás hossza egy körbefordulás során [mm]}}{\text{FOV [mm]}} [-] \quad (2.1)$$

Amennyiben a Pitch kisebb mint 1, vannak átfedő részek a kapott eredményben. Ha a Pitch 1-el egyenlő, tökéletesen illeszkedő részeket kapunk eredményül, míg ha a Pitch nagyobb mint 1, az kihagyott részeket eredményez. (2.8. ábra). [1]



2.8. ábra: A pitch hatása a kapott eredményre (Forrás: [10])

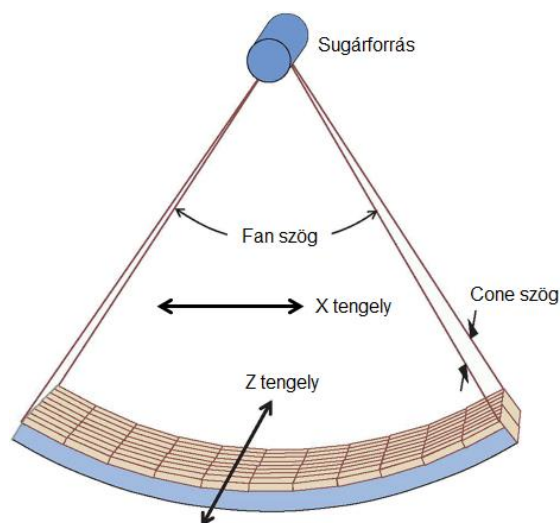
CT-s vizsgálatok során meg kell még említeni az úgynevezett műterméket is. A műtermék (Artifact) helyén a valóságnak nem megfelelő rekonstruált értékek keletkeznek. Ezeket a fejlesztés során fel kell kutatni és korrekciós lépésekkel eliminálni őket, melyet

úgynevezett „fantomokkal” tudunk megtenni. Ezek pontosan ismert összetételű és geometriájú testek, melyek CT vizsgálatait követően a kapott képeket vissza tudjuk ellenőrizni, ezzel kizárni a műterméke(ke)t. [3], [5]

Mivel a vizsgálat alapvetően roncsolásmentes, nem orvosi területeken is előszeretettel alkalmazzák a CT berendezéseket. Ipari anyagvizsgálatokra, hegesztések, forrasztások vizsgálatára, öntvények zárványainak kimutatására, de akár múmiák belsejének feltérképezésére is használják őket. Repülőtereken a test, illetve a csomagok átvilágítására is CT gépeket alkalmaznak. [2]

A diagnosztikai komputertomográfiai gépek használatának egyik fő előnye a többi modalitással szemben, hogy az egy lényegesen gyorsabb leképezőrendszer. A felvételeken jó a csontok és a rákos szövetek láthatósága, pontos 3D-s anatómiai kép készíthető vele. Mivel térbeli információt szolgáltat, fuzionálható egyéb modalitásokkal is. Legnagyobb hátránya, hogy a vizsgálat során a páciens viszonylag magas sugárterhelésnek van kitéve. Illetve mivel egy bonyolult képalkotási lánc folyamán kapjuk meg az eredményt, így több ponton is elrontható a felvétel, valamint könnyen lehet műtermékes a kapott kép. [3]

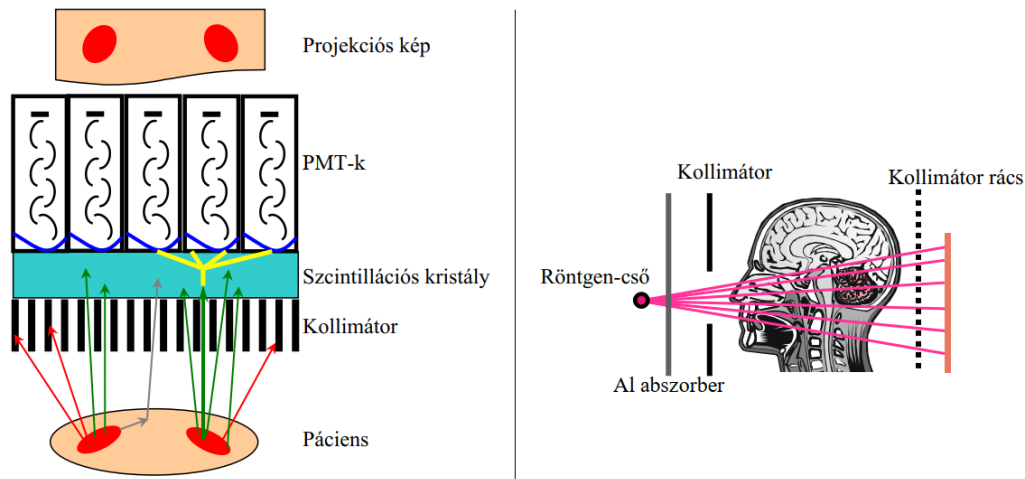
A témában használatos, a Diplomamunka további részeinek szempontjából legfontosabb tengelyek és szögek megnevezéseit, elhelyezkedéseit a következő, 2.9. ábra tartalmazza.



2.9. ábra: CT berendezések fontosabb tengelyei és szögei (Forrás: általam szerkesztett kép [9] alapján)

2.4. Kollimátorok szerepe a képalkotó folyamatokban

A kollimátorok az orvosi leképezéstechnika területén gyakorta előforduló eszközök, mind a gamma kamerák (pl. SPECT), mind a röntgen (és röntgen-CT) gépek elengedhetetlen hozzátartozói. E kettő modalitás kollimátorait és a közöttük lévő különbséget a 2.10. ábra szemlélteti. [2], [3]



2.10. ábra: Kollimátorok szerepe SPECT (bal oldal), illetve röntgen (jobb oldal) berendezések esetében
(Forrás: általam szerkesztett kép [2] alapján)

Fő funkciójukat tekintve legegyszerűbben egy szűrőberendezéshez lehet őket hasonlítani. SPECT-ek esetében a kollimátorok feladata azon gamma fotonok megszűrése és leválasztása, amelyek nem a kollimátorok réseinek irányából érkeznek a szcintillációs kristályra. A CT berendezéseknél a röntgencső után kerülnek beépítésre, a (röntgen) sugárnyalábjának határolására alkalmazzák őket. Gyakorlatilag ez a készülék jelöli ki a betegnek a vizsgálandó területet, a sugárzás azon részeit pedig elnyeli, amelyek a páciens nem mérendő részét érnék. A pontos és folytonos szeletvastagság beállítása a fő feladatuk. A páciens után is található általában egy kollimátor rács, ez a szóródott fotonok kiszűrését biztosítja. A kollimátorok valamilyen nagy abszorpciójú anyagból (általában volfrám, vagy ólom) készülnek, konkrét kialakításuk gyártónként és gépenként eltérő. [2], [3]

A Diplomamunka további részében a kollimátor kifejezés alatt a klinikai CT berendezések röntgencső után található határoló eszköze értendő.

3. A CÉG JELENLEGI KONSTRUKCIÓJÁNAK BEMUTATÁSA

3.1. A Mediso Kft. rövid bemutatása

A Mediso (Mediso Medical Imaging Systems) Kft.-t 1990. január 10-én alapította három korábbi munkatárs, akik a Gamma Művekben dolgoztak. Az első pár évben a gamma kamerák szervizelése volt a fő tevékenységi körük, első saját fejlesztésű kamerájuk csak évekkel később, 1994-ben jelent meg Nucline X-ring fantáziánéven. 1996-ban sikerült piacra dobniuk első saját SPECT (Single Photon Emission Computer Tomography) berendezésüket is, 1998-ban pedig felvásárolták az egykori munkáltató, a Gamma Művek izotópdiaosztikai üzletágát. [10], [11]

A cég azóta is orvosi képalkotó berendezések fejlesztésével, gyártásával, beüzemelésével és szervizelésével foglalkozik. Termékportfóliójuk a cég méretéhez viszonyítva igen széleskörűnek számít; mind klinikai, mind pre-klinikai vonalon megtalálhatók a piacon eszközeik. Túlzás nélkül állítható, hogy a pre-klinikai képalkotók ezen a területen piacvezetőnek számítanak, de a klinikai berendezéseik is fel tudják venni a versenyt a jelentősen nagyobb konkurens multinacionális cégek termékeivel (Siemens, General Electric, Philips). Klinikai eszközeik palettáját az 3.1. ábra szemlélteti. [10], [11]

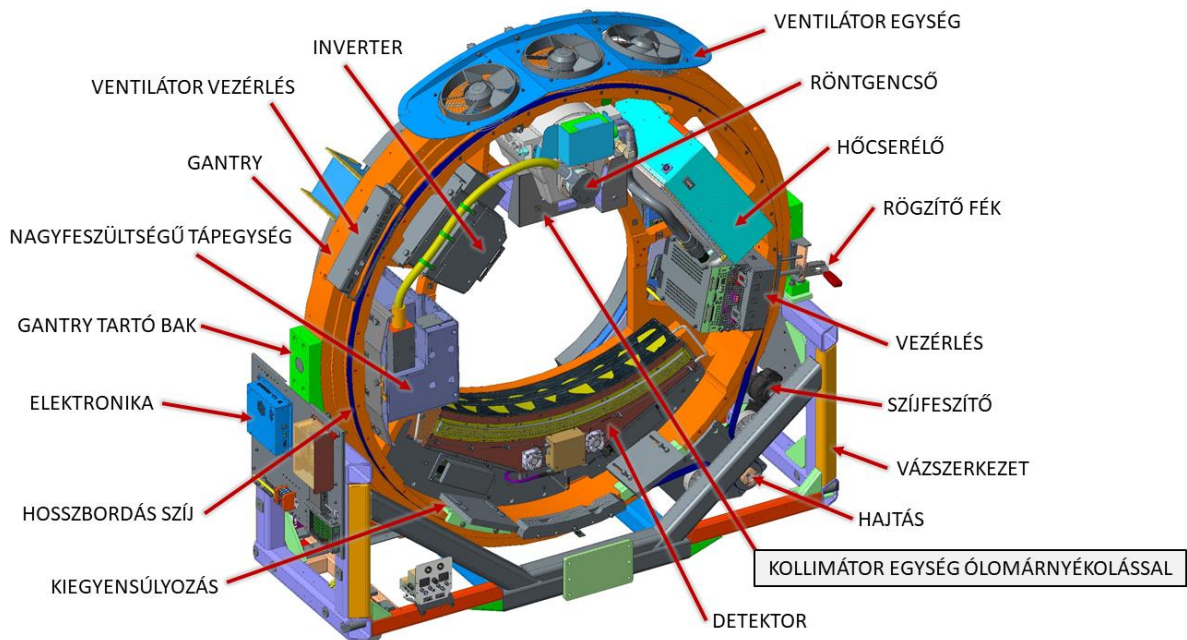


3.1. ábra: A Mediso Kft. klinikai termékportfóliója (Forrás: [11])
(Balról jobbra haladva: páciens vizsgáló ágy, SPECT, CT, PET)

A mára több mint 300 fős, budapesti székhelyű, 100% magyar tulajdonban lévő cég jelenleg 6 leányvállalattal rendelkezik (Németországban és az USA-ban is vannak irodáik), berendezéseiket pedig több mint 100 országban használják. Az évek során több díjat és elismerést is kiérdemelt a vállalat, a Diplomamunka készítésének idején a legfrissebb ezek közül a 2022. évi Magyar Innovációs Nagydíj elnyerése volt, melyet a 3 és 7 Tesla PET/MRI pre-klinikai termékcsaládok kifejlesztével érdemelt ki. [10], [11]

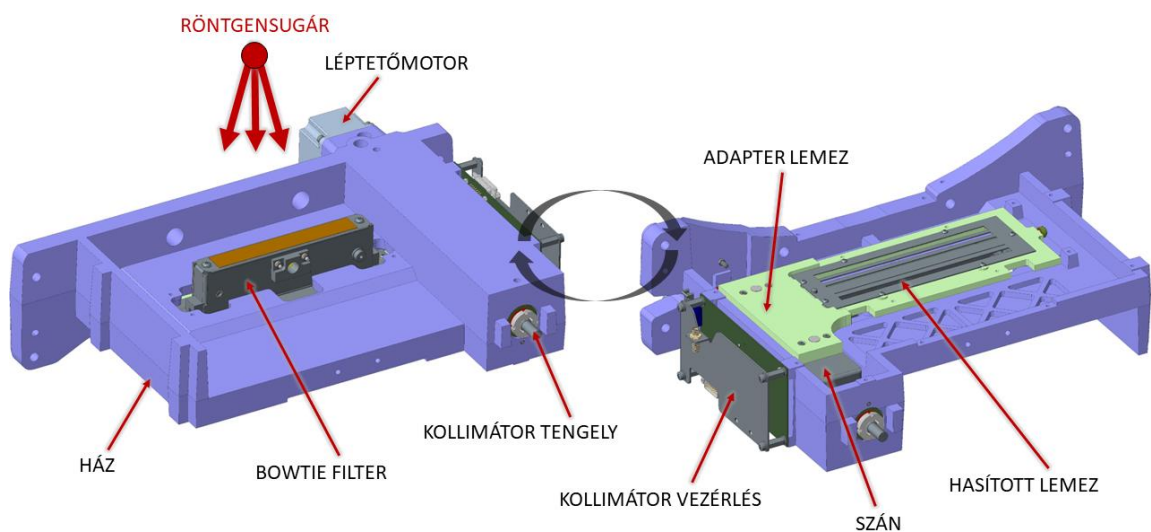
3.2. A jelenleg használt kollimátor egység ismertetése

Az egység bemutatása előtt vegyük szemügyre a 3.2. ábrát, melyen a vállalat széria CT modalitásának alapvető kialakítása, a működéséhez szükséges egységek, azok elhelyezkedése látható. Mivel a Diplomamunka feladata a kollimátor egység tervezésére összpontosul, a gépet egy egész, működő egységgé tevő számos elem közül csupán ez az egy kerül részletes ismertetésre.



3.2. ábra: A Mediso Kft. széria CT modalitásának kialakítása (Forrás: saját ábra)

A kollimátor egység közvetlenül a röntgenső kilépő oldala után kerül beépítésre, kialakítása pedig a 3.3. ábrán látható egyik, illetve másik oldalról.

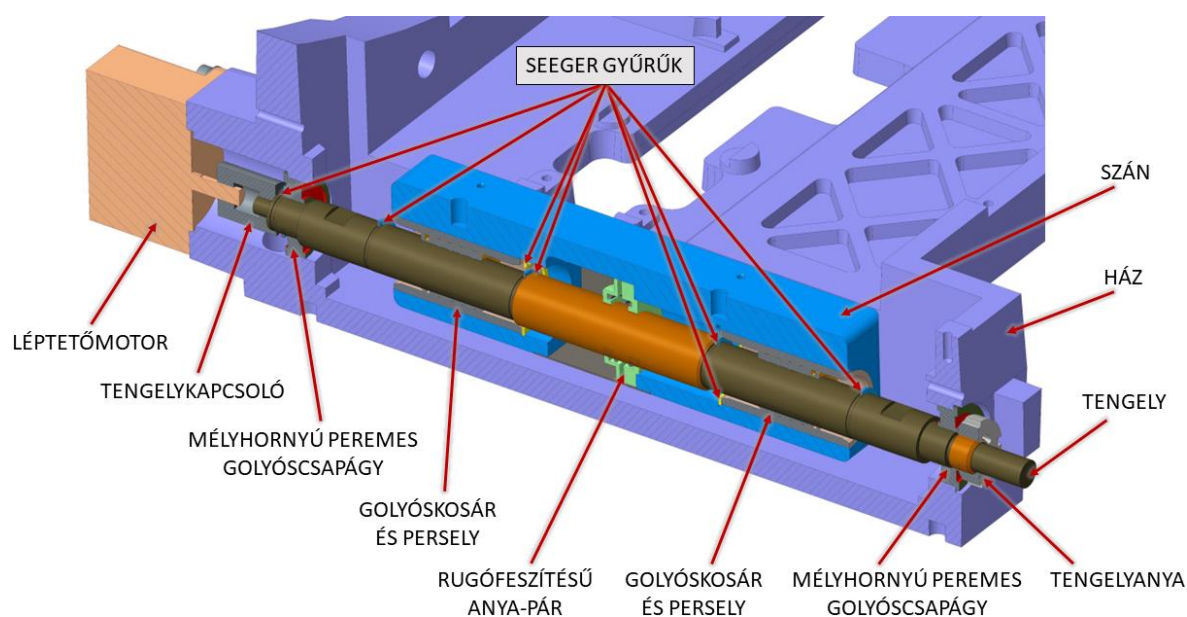


3.3. ábra: A Mediso Kft. szerelt CT kollimátora (Forrás: saját ábra)

Ahogy az előzőekben arról szó volt, a kollimátor fő feladata a röntgensugár határolása. Ennél a kialakításnál erre alapvetően egy nagy sugárelnyeléssel rendelkező volfrám anyagú

hasított lemezt alkalmaznak, melyen különböző geometriájú rések helyezkednek el egymást követően adott távolságnyira. Ezt diszkrét kollimációnak is nevezzük, vagyis csak előre meghatározott számú kollimálási lehetőség állítható be a CT vizsgálat során. Hogy melyik geometriájú rést kell alkalmazni, az az adott vizsgálat és páciens függvénye. A lemezen található kivágások hosszanti kontúrjai nem egyenesek, hanem enyhén íveltek. Erre azért van szükség, mert a detektorral ellentétben a hasított lemez nem íves, hanem sík. CT berendezéseknél képalkotási szempontból fontos, hogy az úgynevezett Coverage (vagyis a gép FOV közepén, azaz iso-centerben mért „Z” irányú méret), illetve annak a Cone szögnek megfelelően a detektorra tovább vetített értéke a detektor teljes ívén egységes legyen. Amennyiben a lemezen egyenes kivágások lennének, úgy ez a detektor íve mentén eltérő értékeket venne fel a sugárforrás Fan és Cone szögeinek függvényében. Ezt a problémát íves hasításokkal rendelkező síklemez, vagy eleve ívelt lemezek alkalmazásával lehet megoldani.

A volfrám lemez egy adapter lemezen helyezkedik el, melyet a szánra szerelnek fel csavarok segítségével és illesztőszeggel pozicionálják is azt. Az így szerelt egységet egy léptetőmotor alkalmazásával mozgatják a kollimátor tengelyének irányában („Z” irány).



3.4. ábra: A kollimátor egység hajtáslánca (Forrás: saját ábra)

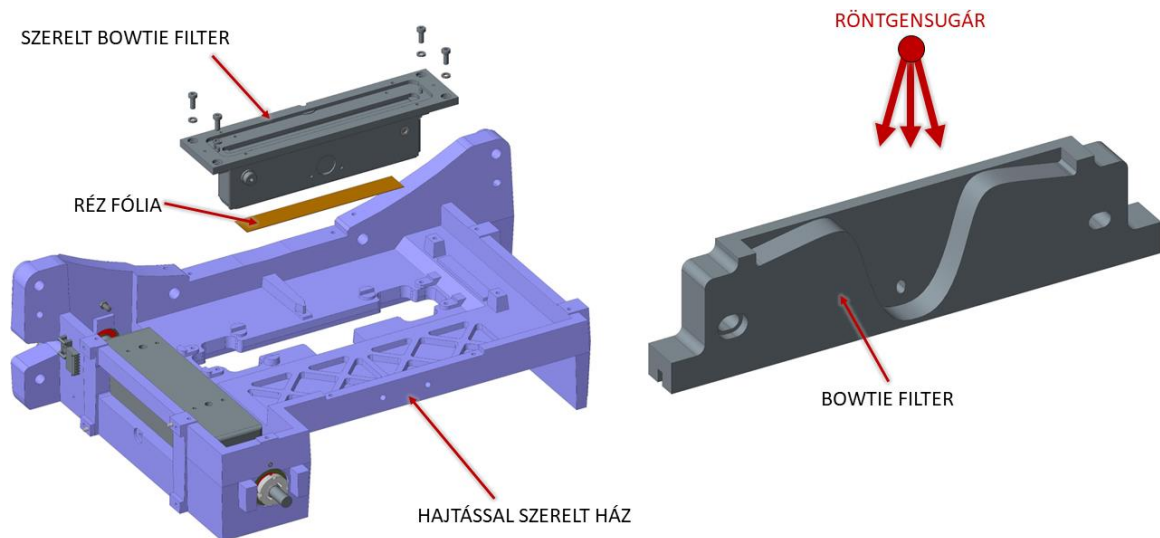
A 3.4. ábrán látható, hogy az egység alapját a ház megnevezésű alkatrész képezi. Ez az elem egy alumínium öntvény, melyen a fontosabb illeszkedő felületeket, illetve a furatokat utólagos megmunkálásokkal alakítják ki. A léptetőmotor erre az alkatrészre kerül felcsavarozásra. A motor tengelye és a kollimátor tengelye közötti kapcsolatot egy csavarokkal összehúzott hasított tengelykapcsoló biztosítja. Ezt az acéltengelyt a házban két helyen csapágyazzák, erre a célra peremes mélyhornýú golyóscsapágyakat alkalmaznak. A

csapágyakat a tengely egyik oldalán seeger gyűrű, míg a másikon tengelyanya rögzíti, azok peremeit pedig a ház külső felületeire ütköztetik fel.

A kollimátor egység egyik legfontosabb eleme a szán. A 3.4. ábrán látható ábrán a tengely narancssárgával jelölt felületei menetesek, a középső részen található szakasz M18x1 finommenettel rendelkezik. A hajtás átadásáról a szánra egy rugóval szerelt anya-pár gondoskodik. A pontos beállítás a vizsgálatok alapvető szükséglete, így az elmozdulásnak teljesen kottyanásmentesnek kell lennie. A szánhoz csavarokkal egy fix anyát rögzítenek, melyhez illesztő csapok segítségével pozícionálnak csavarrugó ellenében egy úszó anyát is. Mind a két anya M18x1 menetes agyfurattal rendelkezik és a tengelyre vannak szerelve úgy, hogy közöttük kb. 1,5 mm rés alakuljon ki a rugó ellenében. Ez a kialakítás lehetővé teszi, hogy a léptetőmotor egy teljes körülfordulására a szán pontosan 1 mm-t mozduljon el tengelyirányban.

A szán két végének belső furataiba hőntartást követően egy-egy perselyt sajtolnak. A szán precíz axiális mozgását a perselyekben elhelyezett golyóskosarak teszik lehetővé, annak végállásait pedig seeger gyűrűk, illetve hernyócsavarok biztosítják.

Ezen a hajtással szerelt egységen helyezkedik el az úgynevezett Bowtie filter is, amelyet a házra szerelnek fel, az alkatrész megfelelő pozícióját illesztőszegek biztosítják. A 3.5. ábrán látható a kialakítása és beépítése.

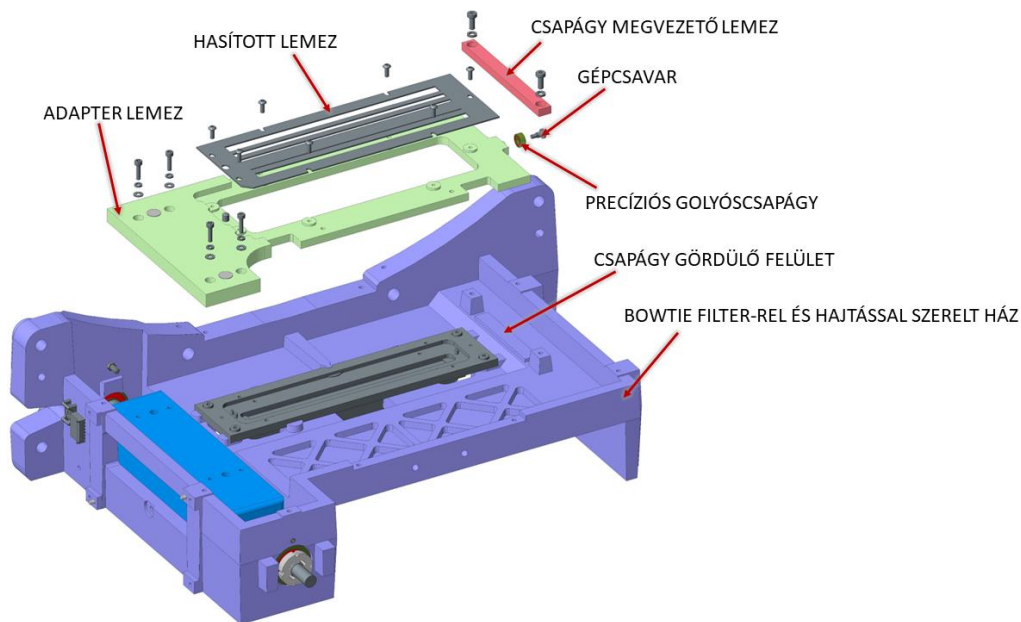


3.5. ábra: Bowtie filter beépítés (Forrás: saját ábra)

A CT szkennerek egyik kulcsfontosságú eleme a Bowtie filter, amely a csokornyakkendő alakú kialakítása után kapta a nevét. Ez a teflon anyagú elem és a rajta elhelyezkedő Al/Cu szűrő nagymértékben felelős a gép által készített kép minőségéért, gyakorlatilag ez az elem az első számú szűrő a röntgensugárból kilépő sugarak irányában. Kialakításnak köszönhetően fókuszálja a röntgensugarakat, csökkenti a szükségtelen

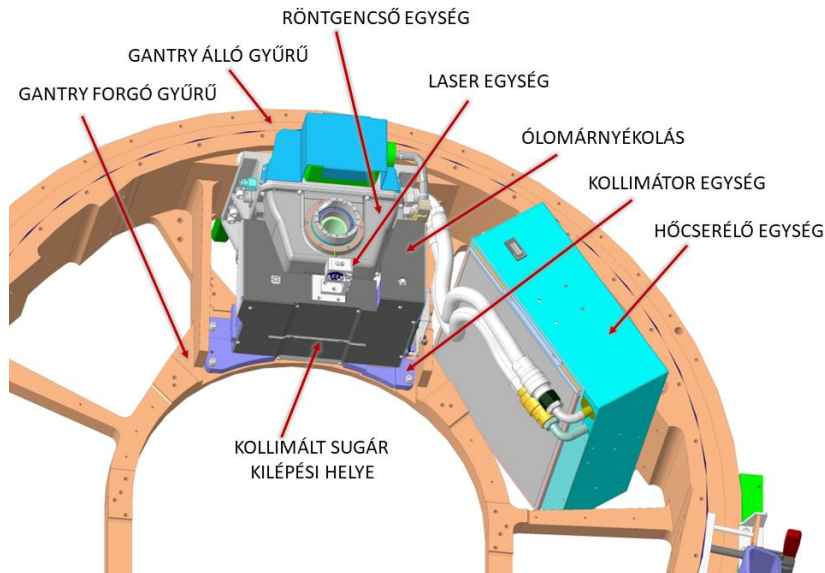
mennyiségű sugárdózist a páciens számára (a detektorokig nem, de a páciensig eljutó röntgensugarak elnyelésével), illetve segít kiegyenlíteni a detektor sugárzási jelét is. Használata redukálja a sugárszóródást is, amely a műtermékek egyik gyakori kiváltó oka.

Ezt követően a 3.6. ábrán látható alkatrészek kerülnek felszerelésre a szánra és a házra. Az adapter lemez megnevezésű alkatrészt csavarokkal rögzítik a szánon és csapokkal pozícionálják. A hasított lemez erre az adapter lemezre kerül felszerelésre szintén csavarok segítségével, a pozíciójáról illesztőszegek gondoskodnak. Az egység billenésmentes axiális elmozdulásának biztosítására építenek be egy precíziós golyóscsapágyat is az adapter lemez oldallapjára, melyet egy domborúfejú egyeneshornyú gépcsavar hengeres szárára fűznek fel. Ez a csapágy vezeti meg elmozdulás közben az adapter lemezt. A csapágy a megvezető lemez és a házon síkra munkált gördülő felület közé kerül illesztésre minimális hézaggal.



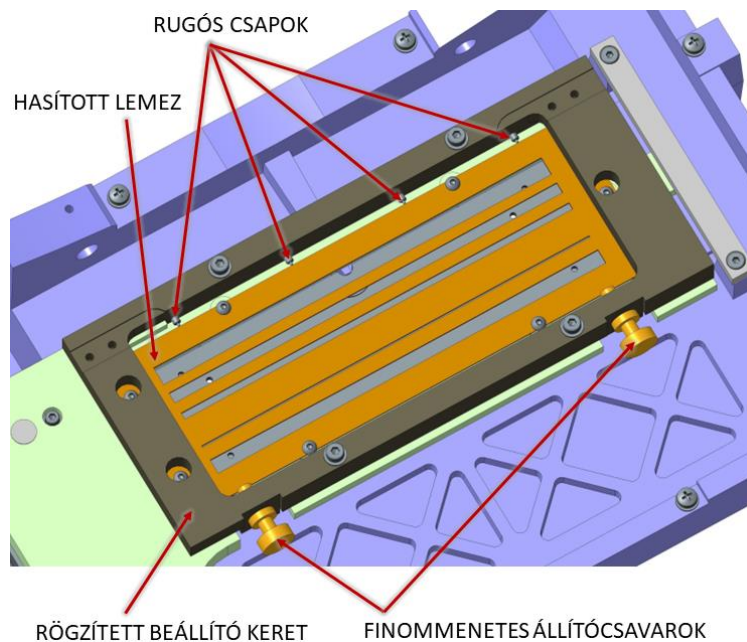
3.6. ábra: A kollimátor egység szerelésének folytatása (Forrás: saját ábra)

A komplett kollimátor egységet a további sugárszóródás elkerülésének biztosítása céljából ólomárnyékolással látják el. Ez a szigetelés gyakorlatilag egy hajlított acéllemez, amire ólomlemezeket ragasztanak fel. A készre szerelt, kábelezett kollimátor egységet a Gantry forgó gyűrűre szerelik fel, a számára kialakított furatokon keresztül illesztőszegekkel tájolják, majd csavarokkal rögzítik (3.7. ábra).



3.7. ábra: A kollimátor egység felszerelése a Gantry forgó gyűrűjére (Forrás: saját ábra)

A kollimátort a CT gép bemérésekor finomhangolják, a volfrám lemez minimális szintű elfordulásra képes egy csap körül, így pozícióját rögzíteni szükséges.



3.8. ábra: A hasított lemez pozíciójának finombeállítása (Forrás: saját ábra)

A 3.8. ábrán láthatók szerint a hasított lemezt kettő darab finommenetes állítócsavarral lehet a megfelelő helyre pozicionálni, amelynek a lemez másik oldalán rugós csapok tartanak ellen. A lemez pontos beállítása szoftveresen történik, amely megadja, hogy melyik állítócsavaron melyik irányba pontosan hány fordulatot kell tekerni.

A konstrukció nagyszerűsége az egyszerűségében rejlik. Az egység egyszerű gépelemekből áll, kialakítása robusztus és letisztult, az alkatrészek sincsenek extrém nagy igénybevételeknek kitéve. Ennek köszönhetően a tapasztalatok azt mutatják, hogy a CT berendezés kórházba történő telepítését követően nagyjából 10-15 év élettartamot kibírnak a

kollimátorok bármilyen karbantartás nélkül. További pár év megfelelő pontosságú működés nyerhető az alkatrészek újrakenését követően. A teljes egységet csak akkor szükséges cserélni, amikor a menetek megkopnak és a hajtás kotyogóssá válik, ezáltal rontva a képminőséget.

4. MÁS GYÁRTÓK KOLLIMÁLÁSI MEGOLDÁSAI

Ebben a fejezetben röviden bemutatásra kerül a legnagyobb konkurens cégek által használt pár meghatározó röntgensugár kollimálási megoldás. Mivel ezen készülékek belsejéről nincs elérhető hivatalos információ, a továbbiakban több kijelentés is feltételezéseken fog alapulni.

Siemens:

A Siemens Somatom Emotion 6 fantázianévre hallgató CT eszközénél a kollimálás a Mediso-s diszkrét kialakításhoz nagyon hasonló, ahogy az a 4.1. ábrán is látható. Alapvetően egy nagy elnyelési képességű, több résgeometriával rendelkező hasított síkmező alkalmaznak ők is, amit tengelyirányban („Z” irány) egy léptetőmotor segítségével mozgatnak. A lemez megvezetését két oldalról egy-egy lineáris vezeték biztosítja. Fő különbség a Mediso eszközzel szemben, hogy a lemez mozgatására nem menetes, hanem golyósorsós hajtást alkalmaznak, illetve a Siemens egység háza nem öntött, hanem lemezekből, egyéb forgácsolt elemekből áll, melyeket csavarokkal szerelnek egymáshoz.



4.1. ábra: Siemens Somatom Emotion 6 CT kollimátora (Forrás: <https://medparts24.com/CT-Scanners/5315-siemens-somatom-emotion-6-ct-scanner-parts-pn-03815003.html>, 2023.04.17. 20:36)

Philips:

A Philips CT-k esetében egy, az eddigiektől merőben eltérő megoldást alkalmaznak. Itt a kollimáció mértéke nem diszkrét, hanem dinamikusan állítható. A működésének alapelve, hogy kettő darab volfrám anyagú íves lemezt mozgatnak axiálisan és a kettő között található rést akkorára nyitják, amekkorát az adott vizsgálat megkövetel (4.2. ábra).

A dinamikus Cone szög állítású („Z” irányú) kollimáció minimalizálja a páciens sugárterhelését, mivel az csak akkor nyílik ki, amikor az adatgyűjtés kezdődik és annak végeztével azonnal be is zárul.

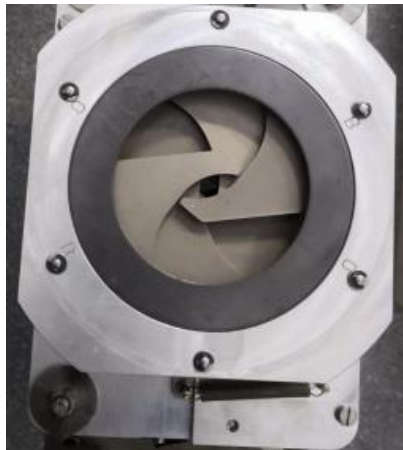
Az egység alapját 2 db L-alakú, extrudált alumínium profil képezi annak két oldalán, melyeket elöl és hátul keresztirányban merevítő lemezekkel rögzítenek egymáshoz. Az ívelt

lemezek mozgásáról 1-1 menetes hajtás gondoskodik, azok megvezetését oldalankénti lineáris vezetékek biztosítják. A lemezek ívelt kialakítása lehetővé teszi azok egyenletesebb terhelésselosztását és a deformációjuk minimalizálását, melyet a Gantry 250 RPM-el történő forgása eredményez.



4.2. ábra: Philips CT kollimátor (Forrás: <https://www.engineeringsolutions.philips.com/looking-expertise/high-precision-engineering/collimator-design-for-35-g/>, 2023.04.17. 21:07)

A következő, 4.3. ábrán látható kialakítás inkább csak az érdekesség kedvéért került be a Diplomamunka ezen részébe, hiszen ez nem CT-hez, hanem egy planáris röntgenkamerához (Philips BV300) készült kollimátor egység. Ez a fajta felépítés lehetővé teszi bármekkora résméret beállítását egy darab motor segítségével, amely íves lemezek együttes mozgásával (összezárás és kinyitás) történik.



4.3. ábra: Philips BV300 planáris röntgenkamera kollimátora (Forrás: <https://medparts24.com/c-arm/1432-philips-bv300-libra-collimator-p-n-989601023201-452230005332-yom-2005.html>, 2023.04.17. 21:20)

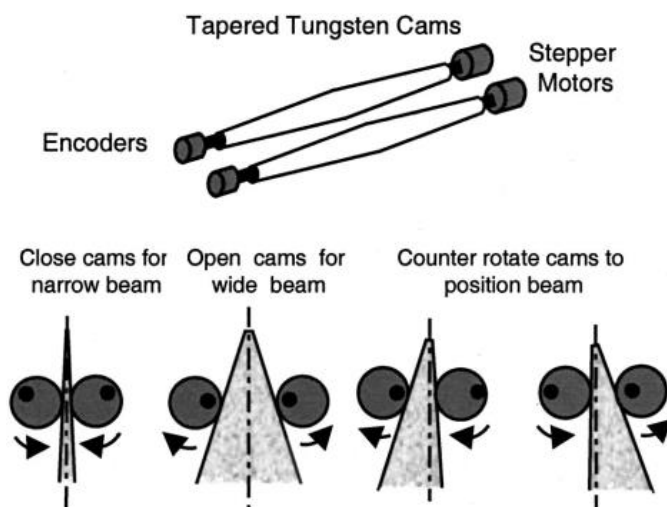
General Electric (GE):

A GE több CT berendezésében is használja a „Helios” névre keresztelt kollimátor családot, amely kialakítására egy példa a 4.4. ábrán látható.



4.4. ábra: GE Helios kollimátor (Forrás: <https://medi-parts.com/product/ge-ct-lightspeed-helios-4-collimator-pn-5133594-2214768-2120100/> 2023.04.17. 21:29)

A készülék háza egy forgácsolt alumínium tömb, melyben kettő darab egymással szemben elhelyezett kúpos kialakítású alkatrész található két külön hajtással (4.5. ábra). A röntgensugár a közöttük kialakuló résen át lép ki a páciens felé. Az alkatrészek külön-külön történő forgatásával aszimmetrikus résméret (Cone szög) alakítható ki. A megfelelően pontos pozícionálást léptetőmotoros hajtások és enkóderek biztosítják. [7]

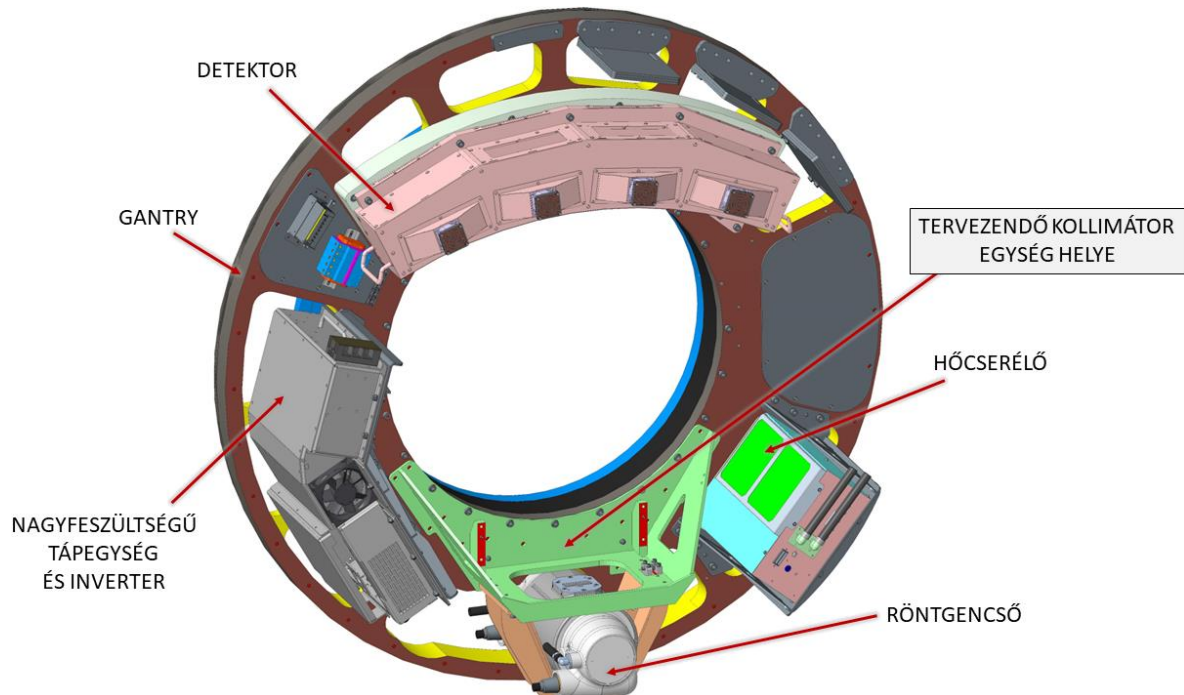


4.5. ábra: GE Helios kollimátor működési elve (Forrás: [7])

5. A TERVEZENDŐ KOLLIMÁTOR EGYSÉG POZÍCIÓJÁNAK ISMERTETÉSE AZ ÚJGENERÁCIÓS BERENDEZÉSSEN

5.1. Az újgenerációs CT Gantry felépítése

Az újgenerációs (*New Generation*, vagy csak röviden *NG*) Mediso CT modalitás forgórészének alapvető felépítése az 5.1. ábrán látható. A berendezés legtöbb részegysége a Diplomamunka készítésének idején tervezés alatt állt.



5.1. ábra: Az NG CT berendezés Gantry-je a Diplomamunka készítésének idején (Forrás: saját ábra)

Az NG és a széria CT közötti fontosabb eltéréseket a következő, 1. táblázat tartalmazza:

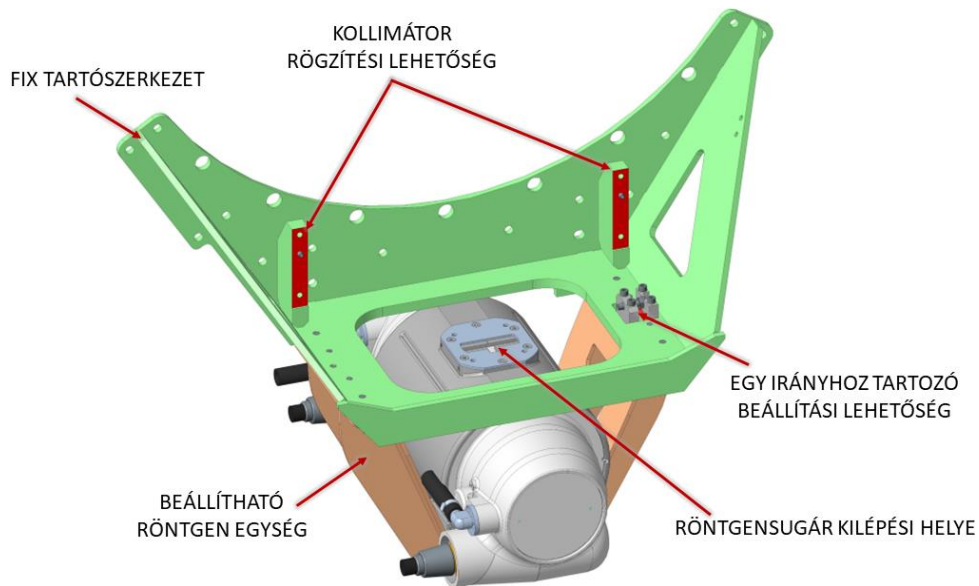
1. táblázat: A széria és az újgenerációs berendezés fő tulajdonságainak összehasonlítása

	Széria CT	Újgenerációs CT
Bore átmérő [mm]	700	800
Detektor szeletek száma [db]	16	32
Gantry maximális fordulatszáma [min^{-1}]	120	150
Röntgenső gyártója	Varian	Toshiba

A legnagyobb vizsgálható méret (úgynevezett „Bore” átmérő) növekedése lehetségessé teszi nagyobb páciensek vizsgálatát is. A szeletszám kétszeresére növekedett, a röntgenső és az öt kiszolgáló egységek (táp, inverter, hőcserélő) szintén megváltoztak. Egy másik gyártó röntgensőve került beépítésre, így a detektor mérete, kialakítása is átalakult és természetesen a kollimátor egység teljes áttervezését is szükségessé tette. Ezek miatt a Gantry kialakítása, mérete és csapágyazása is teljesen megváltozott, ami végső soron a teljes vázszerkezet áttervezését eredményezte.

5.2. A kollimátor egység elhelyezkedése a Gantry-n

A kollimátor egység tervezésének szempontjából a röntgenső környezete (5.2. ábra) a mértékadó, mivel az után kerül közvetlenül beépítésre. Ez a „fészek” úgy lett kialakítva, hogy a jelenlegi széria kollimátor egységet fel lehessen ide ideiglenesen szerelni. A széria kollimátort az NG kollimátor elkészültéig belső kalibrációs mérések elvégzéséhez használják az új röntgensővel. Az egység tervezéséhez tehát körülbelül akkora hely áll rendelkezésre, mint amekkorát a széria kollimátor egység is igényel.



5.2. ábra: Az NG CT röntgenső beépítési környezete (Forrás: saját ábra)

A képen látható hegesztett, utómunkált fix acél tartószerkezethez a mozgatható röntgen egység hasonló módon elkészített tartója csavarkötéssel kapcsolódik. A fix pozíciójú szerkezethez képest a röntgen egység megfelelő pozícióját 3 irányban állító tömbök és csavarok segítségével lehet beállítani. Az egyirányú mozgást illesztőszegeken megvezetett hornyok biztosítják. A röntgenső hegesztett tartóján a kollimátor részére kialakított felfogató pontok jelenleg a széria kollimátorhoz igazodnak, ám ez amennyiben szükséges, módosítható az NG kollimátorhoz.

6. KÖVETELMÉNYJEGYZÉK

Ebben a fejezetben a fejlesztendő egységgel és annak komponenseivel szemben támasztott követelmények kerülnek megfogalmazásra. A követelményjegyzék a tervezési/fejlesztési folyamat első lépcsője, létrehozása azt a cél szolgálja, hogy az alapvetően hibás fejlesztési irányok eliminálásra kerülhessenek. [6]

A követelmények 3 kategóriába lettek sorolva:

Alapkövetelmény (A) formájában fogalmazódnak meg az elsődlegesen elérendő célok és követelmények, mint pl. az orvostechikai szabvány(ok)nak, előírásoknak való megfelelés, képalkotó geometriához való alkalmazkodás. Szintkövetelmények (SZ) azok, amik pl. a rendszer össztömegét, előállítási költségét, stb. csökkentik. Óhajok (Ó) alatt pedig a berendezéssel kapcsolatos egyéb kívánalmak értendők. [6]

Az újgenerációs kollimátor egység követelményjegyzékét a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Újgenerációs CT kollimátorának követelményjegyzéke

Csoport	Nr.	Megnevezés	Érték	Minősítés	Megjegyzés
Geometria	1.1	Maximális befoglaló méret	435x370x145 mm (SZxHxM)	A	Jelenlegi széria kollimátorhoz igazodva
	1.2	Coverage minimális méret	0 mm	A	Dinamikus Cone szög állítással
	1.3	Coverage maximális méret	20 mm	A	Dinamikus Cone szög állítással; képalkotó geometriából kiadódó méret
	1.4	Minimális Fan szög méret	0°	A	Diszkrét állítással
	1.5	Maximális Fan szög méret	50,2°	A	Diszkrét állítással; képalkotó geometriából kiadódó méret
	1.6	Bowtie filterek száma	2 db	A	1 gyermek, 1 felnőtt
	1.7	Előtét szűrőlemez bemozgathatósága	-	A	Tüdő vizsgálatoknál alkalmazandó
	1.8	Ólomárnyékolás vastagsága	1,5 mm	SZ	-

Kinematika	2.1	Cone szög beállítási sebesség	25 mm/s	A	Dinamikus „Z” irányú kollimáció
	2.2	Fan szög állítás	Teljes nyitás max. 5 s alatt	A	Diszkrét „X” irányú kollimáció
	2.3	CT berendezés maximális fordulatszáma	150 RPM	A	-
	2.4	Meghajtó motorok táplálása	24 V	Ó	-
	2.5	Egyértelmű pozíció-meghatározás	-	A	Enkóderek, zárt-hurkú léptetőmotorok
Terhelés	3.1	Szerelt egység össztömege	Max. 25 kg	SZ	Egyemberes rakodhatóság
Biztonság	4.1	EN60601-1 szabványnak megfelelés	-	A	Szilárdságtani követelmények
	4.2	Rögzítő csavarok ragasztva, nyomatékra húzva	-	A	Üzem közben fellépő rezgések miatt
	4.3	Csavar-biztosítások	-	A	Schnorr-, illetve rugós alátétek alkalmazása
	4.4	Alkatrészek élei	-	A	Élek letörve, sorjamentesítve
	4.5	Kritikus alkatrészek alapanyag bizonylatolása	-	A	-
Gyártás	5.1	Egyszerű geometriájú alkatrészek tervezése	-	Ó	Öntött, hegesztett, vagy forgácsolt kivitelű gépelemek
	5.2	Teherviselő alkatrészekről mérési lap kiállítása	-	A	-
Üzemeltetés	6.1	Halk járás	-	SZ	-
	6.2	Élettartam	Min. 15 év	A	Komplett egység cseréje nélkül

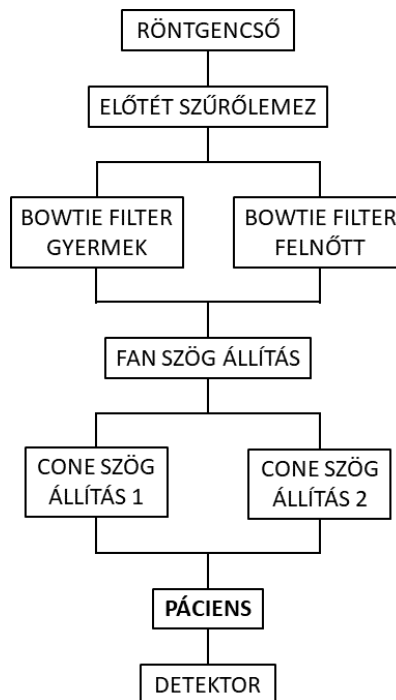
Karbantartás	7.1	Időszakos karbantartás	5 évente	A	Mozgó alkatrészek ellenőrzése
	7.2	Könnyű cserélhetőség	-	A	A komplett egység cseréjét egy embernek, kézi szerszámok használatával el kell tudni végezni
Ergonómia	8.1	Fogantyús kialakítás	-	A	Könnyű mozgathatóság
	8.2	Csavarfejek elrejtése	-	Ó	-
Költségek	9.1	Költségek minimalizálása	-	SZ	Ahol lehet, kereskedelmi tételek használata, törekvés az alkatrészek gazdaságos gyárthatóságára
Környezetvédelem	10.1	Megfelelés az RoHS (2011/65/EU) direktívának	-	A	Sugárvédelem céljából ólom is felhasználható

7. KONCEPCIÓKÉPZÉS, AZ EGYES MEGOLDÁSI VÁZLATOK BEMUTATÁSA ÉS RÖVID ÉRTÉKELÉSE

A feladat megoldását azzal kezdtem, hogy a kollimátort egy egésszé tevő, egymástól jól elkülöníthető részegységeket alakítottam ki:

1. A Bowtie filterek és hajtásrendszerük.
2. A Cone szög állítás és hajtásrendszere.
3. A Fan szög állítás és hajtásrendszere.
4. Az előtét szűrőlemez és hajtásrendszere.
5. A kollimátor egység háza, melyre a többi részegység épül.
6. A ház ólomárnyékolása.
7. Elektronikai egységek elhelyezhetősége, kábelezés.

Az 1-4. részegységek egymáshoz képesti pozíciójának, vagyis alá-fölé rendeltségének meghatározásához több elvet is figyelembe kellett venni; így applikációs mérnök-, illetve CT fizikus kollégák bevonásával került meghatározásra a következő, 7.1. ábrán látható logikai sorrend, amelyhez tartanom kellett magam a tervezés során.



7.1. ábra: Az egyes részegységek logikai sorrendje (Forrás: saját ábra)

A sorrend felállításakor elsőként a Cone szög állítás részegységének pozíciója került meghatározásra a kollimátoron belül. Ennek az egységnek az egyik feladata ugyanis a szórt sugarak csökkentése, melyet a sugárnyaláb útjában elhelyezkedő tárgyak (jelen esetben szűrők, lemezek, stb.) okoznak. Vagyis ennek az egységnek kell radiálisan legtávolabb

elhelyezkednie a röntgensőtől. Ezen szög esetében előfordulhat, hogy aszimmetrikus szöghelyzetet kell beállítani dinamikusan a vizsgálat közben, így 2 db külön-külön vezérelhető motor szükséges a megvalósításához. Ezt követően a szűrők pozíciója került meghatározásra: a szűrőknek minél közelebb kell kerülniük a röntgenforráshoz, hogy a röntgensugarak a lehető legkisebb út megtételével tudjanak elérni hozzájuk. Az előtét szűrőlemeze csak tüdővizsgálatoknál van szükség, az esetek többségében nincs használatban, ezért ez az egység kapott helyet közvetlenül a röntgenső után, melyet a Bowtie filterek követnek. A Fan szög állítás pedig a Bowtie filterek után, a Cone szög állítás előtt helyezkedik el. Ezt a szögértéket mindig szimmetrikusan kell tudnunk beállítani a vizsgálat előtt és úgy tartani azt aközben, ezért megvalósításához elegendő 1 motor is. Ezen részegységek egy házban kapnak helyet, melyet a szórt sugarak további szűrése céljából ólomárnyékolással kell ellátni. Az egység elektronikai tervezése és logikai vezérlésének elkészítése ugyan nem feladata a Diplomamunkának, de a motorok, egyéb elektromos elemek kábeleinek elvezetését, rögzítését, illetve a nyomtatott áramkörök elhelyezhetőségét figyelembe kellett venni a tervezés során.

A továbbiakban az egyes részegységek koncepciók kialakítási lehetőségei kerülnek bemutatásra a fentebb bemutatott logikai sorrendben. Megjegyezném, hogy az itt bemutatásra kerülő megoldás variánsok csak a működési elvet prezentálják, az elemek végleges kialakítását nem, azt a 9. fejezet fogja taglalni. Csak és kizárólag azon koncepciók kerülnek itt bemutatásra, amelyek megvalósítása ténylegesen kivitelezhető, lehetővé teszik azokat a kollimátor egység fizikai méretei, illetve a Mediso Kft. korábbi tapasztalatai is.

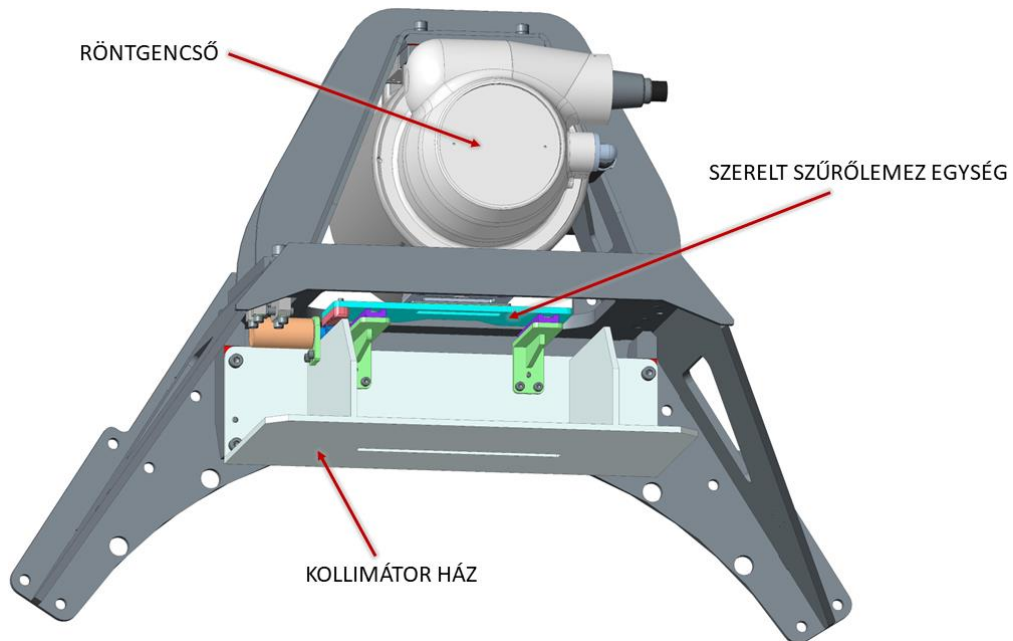
7.1. Előtét szűrőlemez és hajtásrendszere

A tüdő röntgenvizsgálata esetében rendkívül kritikus, hogy az minél kevesebb sugárzásnak legyen kitéve, ezért az ilyen vizsgálatoknál egy előtét szűrőlemezt szükséges alkalmaznunk, mely alapállapotban nem, csak a tüdő vizsgálatokkor kerül a sugárzás útjába, csökkentve ezáltal a páciens szükségtelen sugárterhelését. Ezen lemez/fólia pontos anyagminősége és vastagsága a Diplomamunka készítésének idején még nem volt definiálva, a részegységet ezért úgy kellett kialakítani, hogy a következő lehetőségek közül bármelyik alkalmazható legyen: ón-, ezüst-, vagy rézlemez, maximum 2 mm-es vastagságig. Az már a tervezés korai fázisában világossá vált, hogy ezen lemez/fólia vastagságának és merevségének csekély mértéke miatt azt mindenképpen egy szerelőlemeze kell rögzíteni és ennek a szerelőlemeznek a röntgen útjába való mozgatását kell lehetővé tenni.

Ennek megvalósítására kettő elvi megoldási lehetőséget dolgoztam ki.

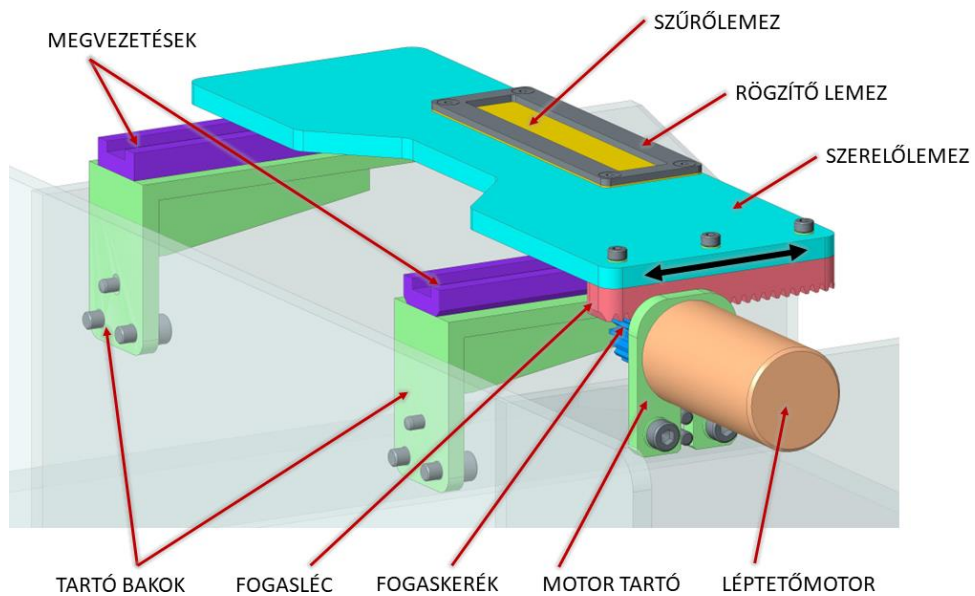
A lemez mozgatása fogaskerék-fogasléc kapcsolattal:

A koncepció röntgensőhöz, valamint a házhoz viszonyított helyzete a következő, 7.2. ábrán látható.



7.2. ábra: Szűrőlemez I. koncepció: beépítés (Forrás: saját ábra)

A röntgenső tartó acélszerekezetére kerül rögzítésre a kollimátor egység háza, ahhoz pedig az egységet kiszolgáló alkatrészek. A kollimálás megfelelő pontosságú beállításához minden részegység esetében precíz hajtásrendszerre van szükség, ezért ennek az alegységnek (is) a fő eleme egy léptetőmotor (7.3. ábra).



7.3. ábra: Szűrőlemez I. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A tartó lemezére szerelt motor tengelyére egy fogaskerék kerül elhelyezésre, mely egy fogaslécet hajt, ezáltal alakítva át a forgómozgást lineárisra. Ahogyan arról korábban már

szó volt, a szűrőlemezt először egy szerelőlemezre kell felszerelni, erre a szerelőlemezre kerül rögzítésre a fogasléc is. Természetesen a lineáris mozgás megvezetéséről is gondoskodni kell, ezen megvezetéseket pedig tartó bakokhoz csavarozzuk. Az elemek megfelelő pozícióját, illetve a foghézag állítását is illesztőszegek biztosítják. A hézagolás esetében az illesztőszegek egy túrt szélességű horonyban futnak, de ez megoldható a motor tartójának szélességi méretének betűrésével is, amely a házban egy szintén túrt szélességű horonyban lenne mozgatható, ebben az esetben illesztőszegekre nincs szükség.

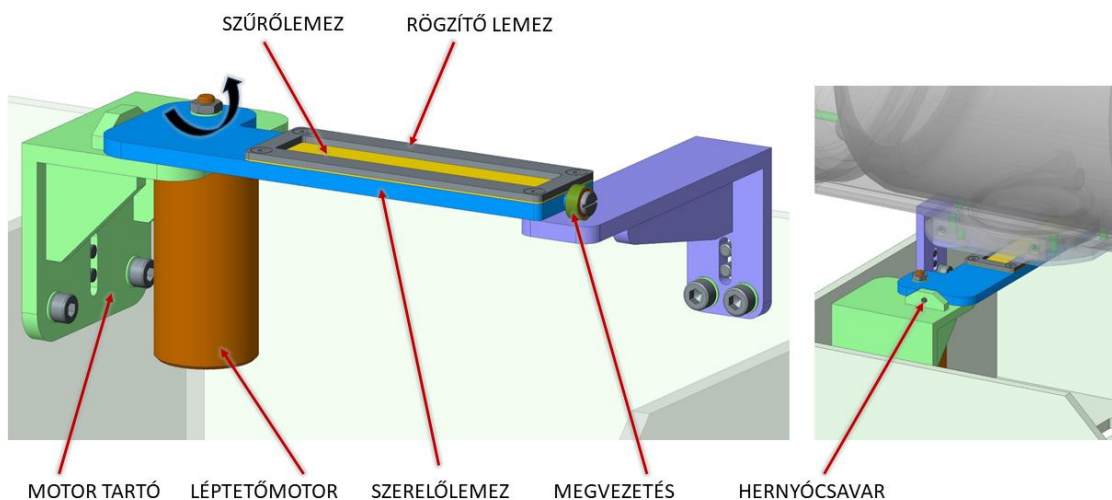
A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Szűrőlemez I. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Kevés és egyszerű kialakítású alkatrészből áll.	Viszonylag széles szerelőlemez kialakítás szükséges.
Kedvező helyszükséglet.	Foghézag beállíthatósága biztosítandó.

A lemez mozgatása tengely körüli forgatással:

Ennél a kialakításnál (7.4. ábra) a függőleges helyzetű léptetőmotort egy tartó konzolra szereljük, melyet a kollimátor házra csavarozunk fel. A motor tengelyére közvetlenül kerül rögzítésre a szerelőlemez, mely így a motor forgásakor annak tengelye körül elfordulni képes. A lemez mozgatható a képen látható elvi megoldáson kívül a motor tengelyére szerelt fogaskerékkel is, mely egy fogaszott ívvel ellátott szerelőlemezt hajtana.



7.4. ábra: Szűrőlemez II. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A szűrőlemez ki- és bevezetéshez 30°-ot lefedő mozgástartomány elegendő, a lemez végpozícióját a bevezetett állapotban hernyócsavarral is biztosítjuk. Annak megvezetését a széria kollimátornál is alkalmazott precíziós golyóscsapággal és vezetőlemezekkel lehetne megoldani. Az esetleges gyártási pontatlanságok kompenzálására minden konzol beállítható

vagy az előzőekben is ismertetett illesztőszegek, vagy pedig a házban tűrt szélességű kimunkálások és tűrt szélességű tartók segítségével.

A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 4. táblázat tartalmazza.

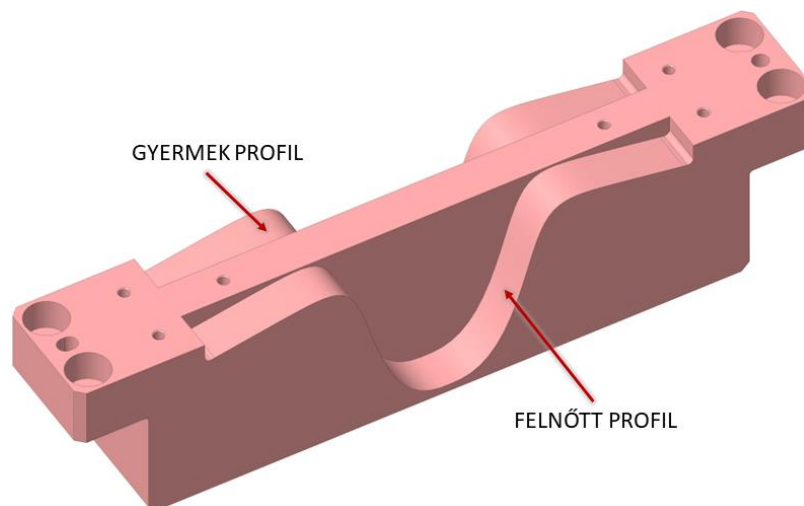
4. táblázat: Szűrőlemez II. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Motorkímélő mozgástartomány.	Nehéz megvezetési lehetőségek.
Kevés és egyszerű kialakítású alkatrészből áll.	Kedvezőtlen helyigény; a kollimátor többi részegységéhez kevésbé jól illeszkedő motor elhelyezhetőség.
-	Szilárdságilag kedvezőtlenebb kialakítás.

7.2. Bowtie filterek és hajtásrendszerük

A Bowtie filterek esetében az okozta az egyik nehézséget, hogy az azokon lévő (röntgensőhöz igazodó) profilok a Diplomamunka készítésének idején még nem voltak meghatározva, így a tervezés során a jelenlegi széria kollimátor Bowtie filter vertikális méretét vettem figyelembe kb. 10 mm ráhagyással. Fizikus kollégáim tapasztalata szerint ekkora hely biztosan elegendő lesz az új profilokkal rendelkező szűrők részére is.

Az első eldöntendő kérdés a szűrők darabszáma volt. Egy gyermek és egy felnőtt profilú Bowtie filterre van szükség, mely így 2 db külön motort igényelt volna. A tervezés során azonban felvetődött annak a lehetősége, hogy kialakítható egy darab vastagabb tömb, aminek egyik homlokfelületén a gyermek-, másikon pedig a felnőtt profil található. Ez a kialakítás látható a 7.5. ábrán. Ezáltal a szükséges motorok száma és a helyszükséglet is felére redukálódott. Gyermekvizsgálatok esetén tehát a gyermek-, míg felnőttek esetében a felnőtt profillal rendelkező oldal kerül bemozgatásra a röntgensugár útjába.

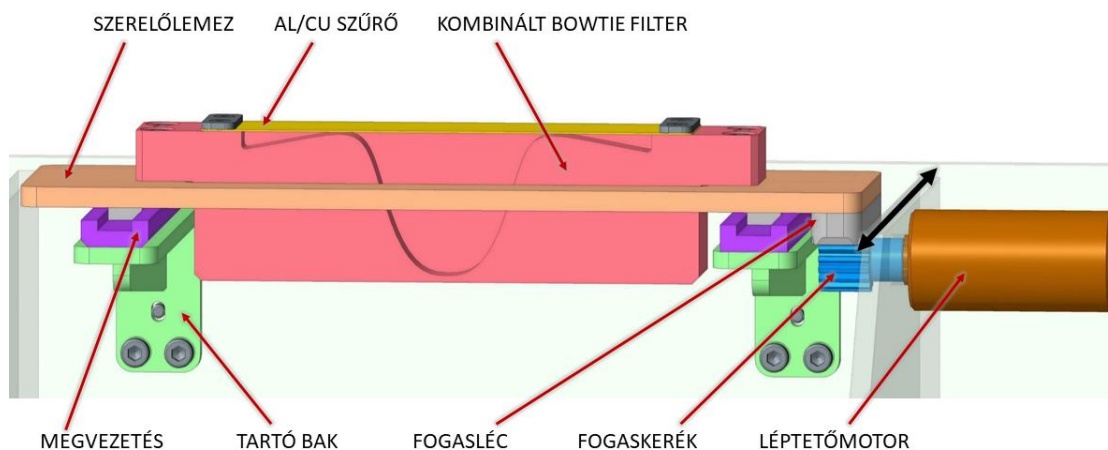


7.5. ábra: Egy tömbből kialakított kombinált profilú Bowtie filter (Forrás: saját ábra)

A Bowtie filter mozgására szintén két megoldási variáció került kidolgozásra.

Mozgatás fogaskerék-fogasléc kapcsolattal:

A szerelt egység a szűrőlemez alatt foglal helyet és ahhoz hasonlóan egy, a léptetőmotor tengelyére szerelt fogaskerék segítségével valósul meg a lineáris mozgás, az ugyanis egy fogaslécet hajt meg. (7.6. ábra).



7.6. ábra: Bowtie filter I. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A fogasléc a szerelőlemeze van szerelve, ahogy a kombinált kialakítású Bowtie filter is. A széria kollimátornál is alkalmazott alumínium-réz fóliák itt is beépítésre kerülnek, melyeket a Bowtie filter tetejére csavarozunk szorító lemezek segítségével. A mozgás megvezetéséről természetesen itt is gondoskodni kell, ahogy a foghézagállításról, illetve az esetleges gyártási pontatlanságok kiküszöböléséről is.

A koncepció fő előnyeit és hátrányait az 5. táblázat tartalmazza.

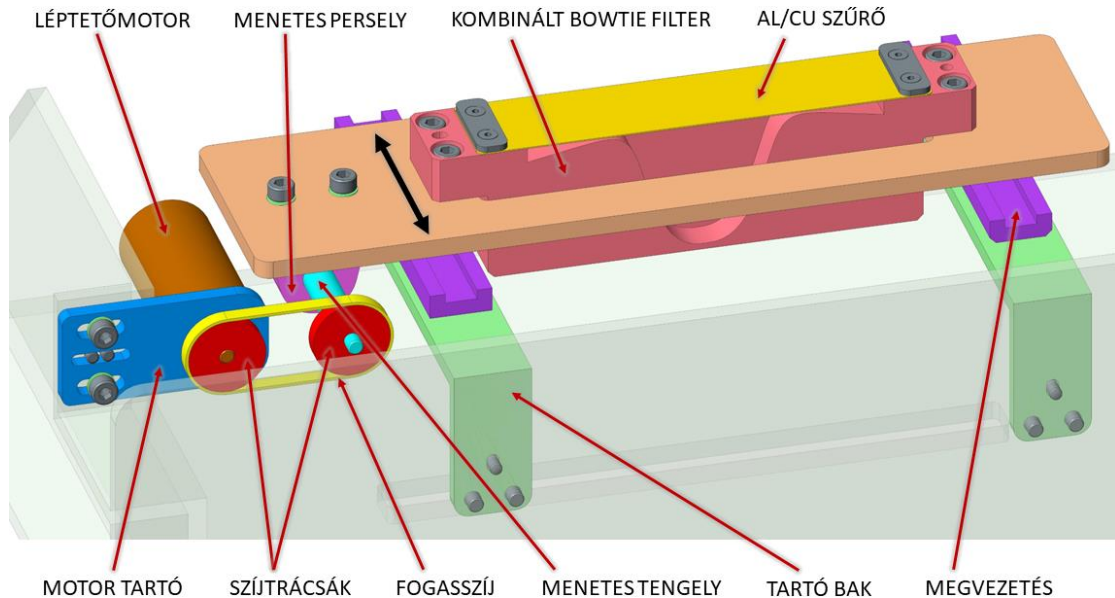
5. táblázat: Bowtie filter I. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Kevés és egyszerű kialakítású alkatrészből áll.	Viszonylag széles szerelőlemez kialakítás szükséges.
Egyértelmű hajtásrendszer.	Foghézag beállíthatósága biztosítandó.
Helytakarékos kialakítás: a szűrőlemez tartójával kombinálható kialakítás készíthető.	-

Mozgatás fogasszíj hajtással:

A 7.7. ábrán látható kialakításnál a nyomotékátvitelről egy fogasszíj hajtás gondoskodik. A Bowtie filter itt is egy szerelőlemeze kerül rögzítésre, amelyhez egy menetes persely csatlakozik csavarkötéssel és illesztőszegekkel. A léptetőmotor szíjhajtáson keresztül egy csapágyazott tengelyt hajt meg, mely egyazon külső menettel van ellátva a menetes persely agyrészével, a precízen megvezetett szerelőlemez ezáltal lineáris mozgásra

kényszerül. A szíj feszességét természetesen be kell tudni állítani, így a motor tartó lemezét oldalirányú mozgatási beállítósággal kell ellátni, amit vagy a képen látható illesztőszegek, vagy a már korábban is taglalt illesztett méretek segítségével lehet megtenni. A menetes tengelyes megoldás helyett golyósorsós kialakítás is megvalósítható.



7.7. ábra: Bowtie filter II. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 6. táblázat tartalmazza.

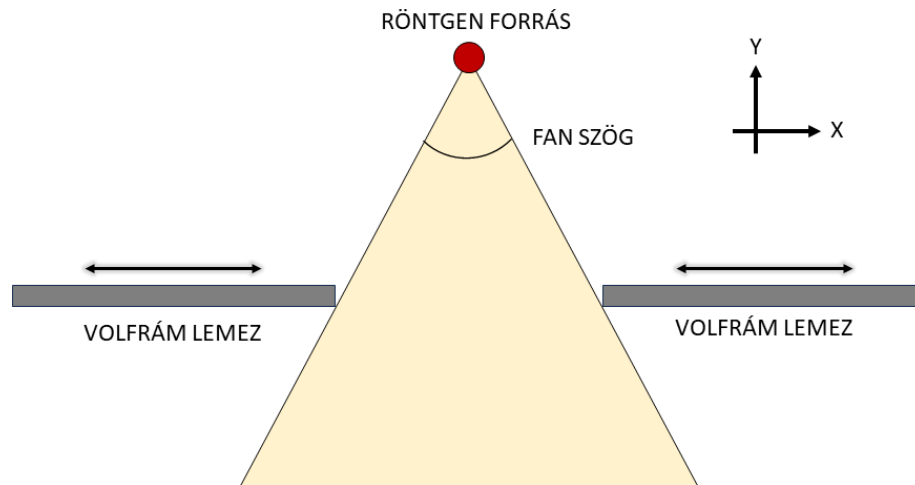
6. táblázat: Bowtie filter II. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Halk járás.	Viszonylag sok alkatrészből áll.
-	Szíjfeszesség és játékmentesség beállítása biztosítandó.
-	Tengelyvég csapágyazás biztosítandó.

7.3. Fan szög állítás és hajtásrendszere

A Fan szög beállítását diszkrétan és szimmetrikusan szeretnénk szabályozni. Ez jelen esetben azt jelenti, hogy a vizsgálat előtt adott résnyire kinyílik és tartja azt a vizsgálat végéig. E szöget a fizikus- és applikációs mérnök kollégákkal történő megbeszélést követő döntés értelmében oldalirányban mozgatható síklemezek segítségével szeretnénk beállítani, ahogyan az a következő, 7.8. ábrán is látható. A lemezek anyagminősége volfrám, vastagságuk 1 mm. A szögérték szimmetrikus állítása miatt lehetőség nyílt újabb, a Bowtie filtereknél alkalmazotthoz hasonló egyszerűsítésre, így 2 helyett 1 motorral is meg lehetett valósítani a lemezek állíthatóságát. A teljesen kinyitott Fan szög értéke adott a képalkotó geometriából (röntgenső és detektor): $50,2^\circ$, de hogy konkrétan mekkora távolságot kell

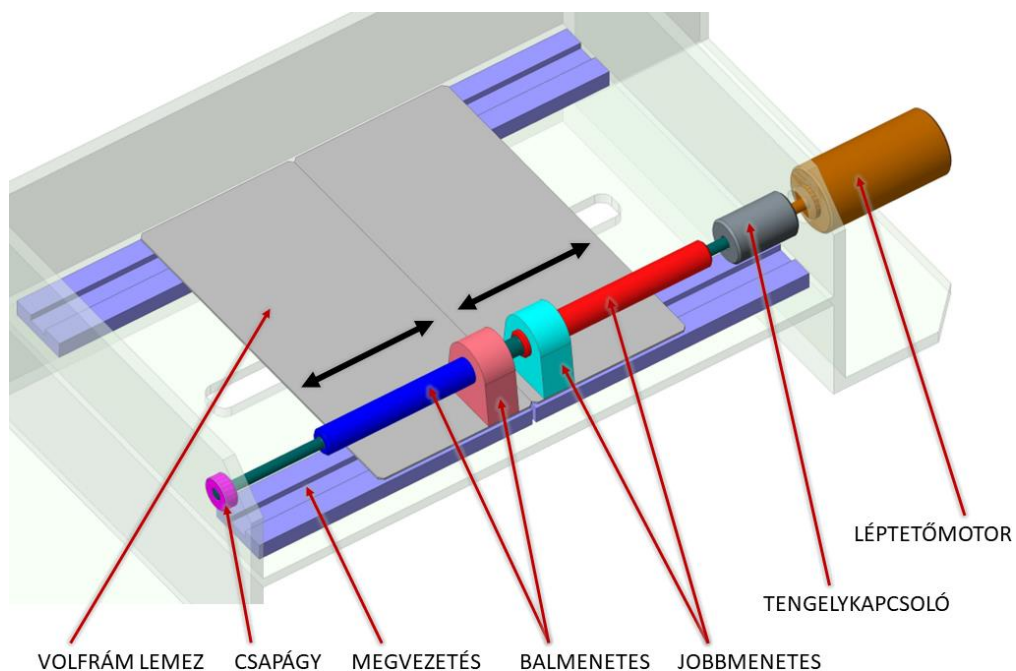
tartani teljesen kinyitott állapotban maximálisan a lemezek között az annak a függvénye, hogy radiális irányban milyen távol helyezkednek el a lemezek a röntgensőtől.



7.8. ábra: Fan szög állítás elve (Forrás: saját ábra)

A lemezek mozgatása bal/jobbs menetes hajtással:

Az első koncepcióban (7.9. ábra) a volfrám lemezek mozgatása menetes kapcsolatok segítségével valósul meg. A léptetőmotor egy tengelykapcsolóval összekötött tengelyt hajt meg, melynek kék színnel jelzett külső részén balmenet, míg a pirossal színezettnen jobbsmenet található. A házban csapágyazott tengelyhez 1-1, a tengelyszakaszok meneteinek megfelelő agyrésszel rendelkező balos, illetve jobbos kialakítású menetes persely kapcsolódik, melyek közvetlenül a volfrám lemezekhez vannak csavarokkal rögzítve. Ezáltal a léptetőmotor körfordulására az egyik lemez az egyik, a másik lemez a másik irányba mozdul el. Természetesen ezen lemezek megvezetéséről is gondoskodni szükséges.



7.9. ábra: Fan szög állítás I. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

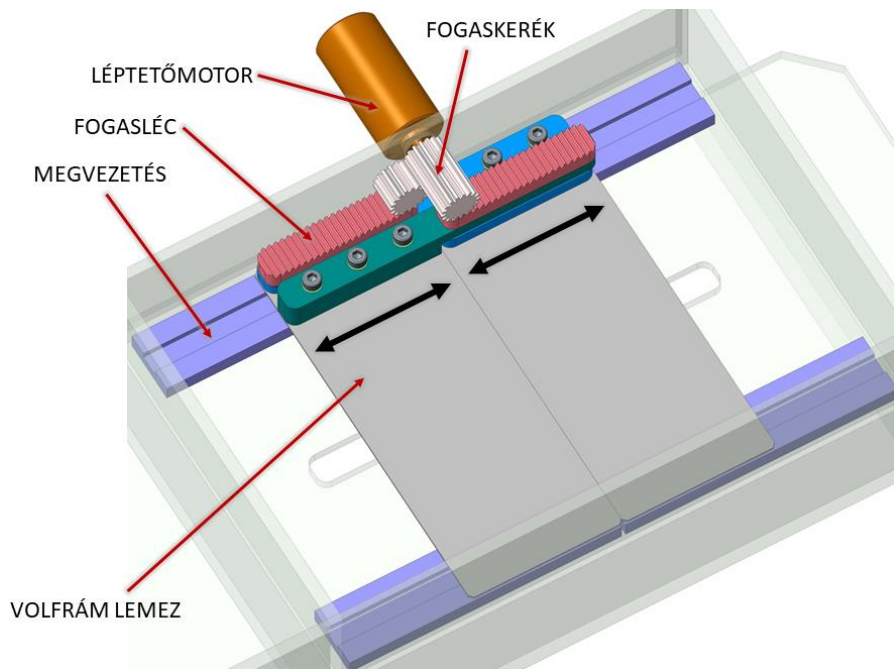
A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: Fan szög állítás I. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Kevés és egyszerű kialakítású alkatrészből áll.	Játékmentes hajtás és tengelyvég csapágyazás biztosítandó.
-	Kedvezőtlen helyigény; a kollimátor többi részegységéhez kevésbé jól illeszkedő elrendezési lehetőségek.

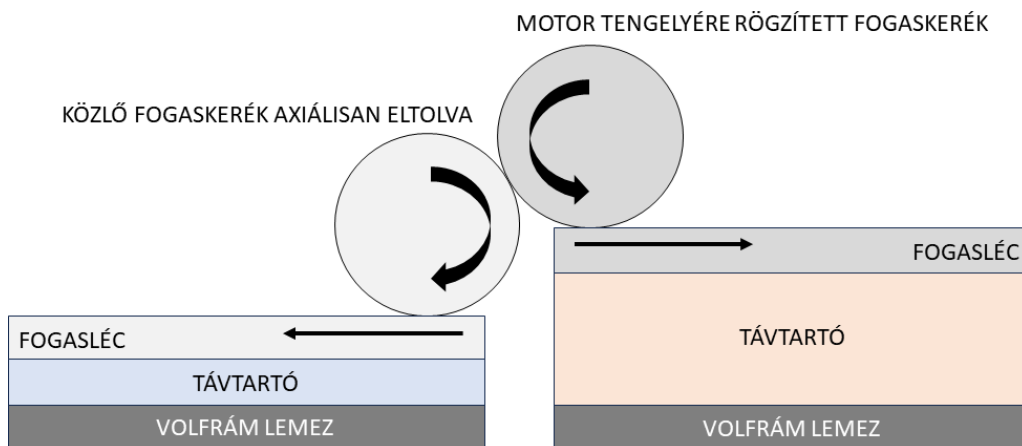
A lemezek mozgatása fogaskerék-fogasléc kapcsolatokkal:

Ennél a változatnál a lemezek mozgatását a korábban már bemutatotthoz hasonló fogaskerék-fogasléc hajtásrendszer hozza létre (7.10. ábra).



7.10. ábra: Fan szög állítás II. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A hajtásátvitelt, illetve a menetirányok alakulását a következő, 7.11. ábra szemlélteti.



7.11. ábra: Fan szög állítás II. koncepció: hajtásátvitel és menetirányok (Forrás: saját ábra)

A léptetőmotor tengelyére egy hosszabb fogaskerék kerül felszerelésre, amely egyrészt egy fogaslécet, másrészt egy rövidebb, de egyazon modullal és fogszámmal rendelkező fogaskereket hajt meg. Ez a kisebbik fogaskerék szintén egy fogaslécet mozgat. A két fogasléc a két volfrám lemezhez távtartókon keresztül csavarkötéssel kapcsolódik.

A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 8. táblázat tartalmazza.

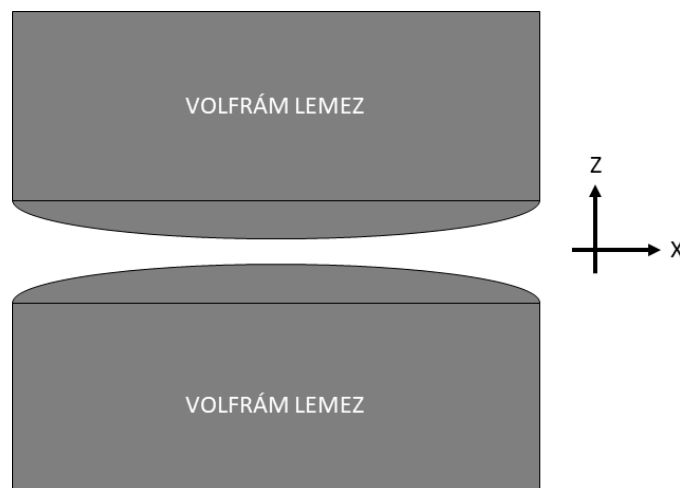
8. táblázat: Fan szög állítás II. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Kevés és egyszerű kialakítású alkatrészből áll.	Foghézagok beállíthatósága biztosítandó.
Kedvező helyszükséglet.	-

7.4. Cone szög állítás és hajtásrendszere

A Cone szög beállítása a Fan szögnél lényegesen komplikáltabb, ezt ugyanis dinamikusan, a vizsgálat közben is tudnunk kell szabályozni, ráadásul 2 motorral külön-külön vezérelve azokat, az aszimmetrikus szögek beállíthatósága miatt. Ez főként azt a célt szolgálja majd, hogy a vizsgálat legelején és legvégén, amikor még, illetve már nincs adatgyűjtés, bezárjuk a Cone szöget; a páciens nem lesz kitéve felesleges sugárterhelésnek.

Ennek megvalósítását a Fan szögérték állításához hasonló módon, 2 db 1 mm vastagságú volfrám lemez segítségével szerettük volna elérni, melyek egymástól távolodó és egymáshoz közeledő mozgásra képesek, viszont ezen lemezek konkrét geometriája nem triviális. Az egyik geometriai lehetőség, hogy síklemezeket használunk, az azonban magával hozza a 3.2. alfejezetben részletezetteket, vagyis mivel a detektor íves, a kollimátor lemezek pedig sík kialakításúak, eltérő Coverage méretek alakulnak ki, amit nem lehet megengedni. Ennek kiküszöbölésére egyetlen megoldás lehetséges: íves kontúrral rendelkező lemezeket kell készíteni (7.12. ábra).



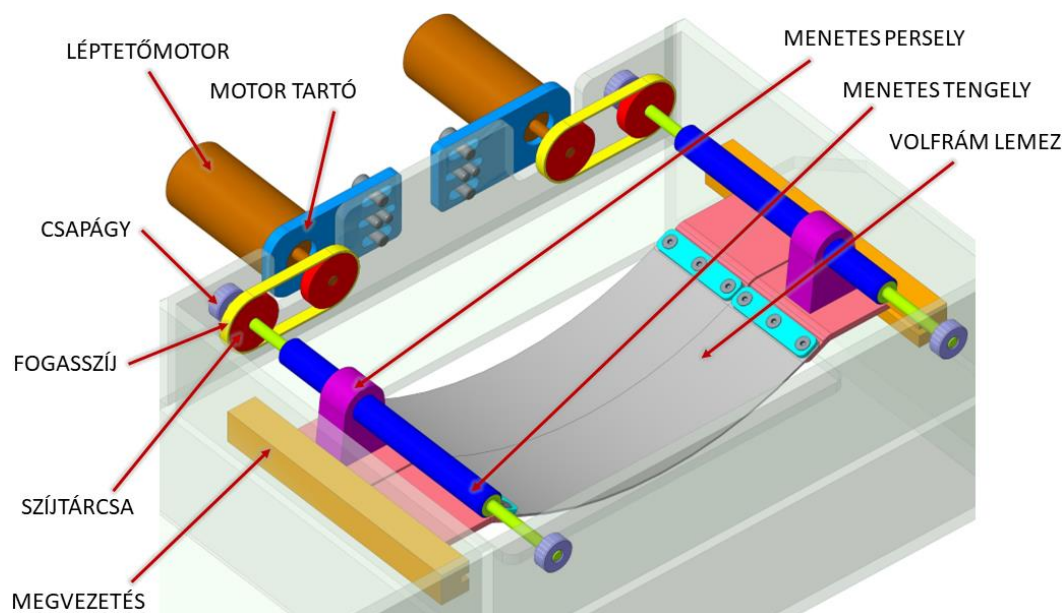
7.12. ábra: Síklemezek használata Cone szög állításához (Forrás: saját ábra)

Ahogy az a képről is látszik, az egyik probléma ezzel a megoldással, hogy összezárt állapotban az ívek miatt rések maradnak a lemezek között. Ez kiküszöbölhető a motorok segítségével; mindkét lemezt egységesen tovább mozgatjuk „Z” irányban addig, amíg az íves szakaszok végére nem érünk, ezáltal lezárhatók a rések. A nagyobb problémát azonban az jelenti, hogy ez a fajta íves kialakítás csakis diszkrét kollimációk esetében lehetséges. Mi tetszőleges nagyságú résméretet szeretnénk tudni beállítani, ez viszont lehetetlenné teszi az ívek kiszerkesztését, hiszen nem tudjuk adott résméretekre méretezni azokat. Ezen körülmények miatt a második geometria kialakítási lehetőséget választottam, vagyis a detektor ívének megfelelő szögben ívelt lemezeket fogunk alkalmazni. Ez a fajta kialakítás a 7.13.-7.14. ábrákon látható.

A hajtásrendszer kidolgozásakor itt nem 2 teljesen eltérő megoldás lett kidolgozva, inkább egy iterációs folyamatról volt szó. Az első megoldási változatnál egy fogasszíjas hajtás és menetes tengelyek/perselyek segítségével lehetséges a lemezek mozgatása, ebből fejlődött ki a második variáció, mely esetében direkt módon a motorok menetes tengelyeire szereljük fel a menetes perselyeket. Ezen variációk bemutatása olvasható a következőkben.

A lemezek mozgatása fogasszíj hajtással:

Ennél a kialakításnál a lemezek mozgatása szintén léptetőmotorokon keresztül történik. (7.13. ábra).



7.13. ábra: Cone szög állítás I. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A motorok tengelyeire fogazott szíjtárcsák kerülnek felszerelésre, és fogasszíjak segítségével történik a hajtásátvitel. A hajtott oldalon szintén szíjtárcsák találhatóak, melyek 1-1, a házban csapágyazott tengelyre vannak felszerelve. Ezen tengelyek volfrám lemezek

fölötti részei külső menetekkel vannak ellátva, itt kapcsolódnak hozzájuk a perselyek, melyek agyfuratai a tengelyeken lévőekkel megegyező menetekkel gyártottak. A menetes perselyek csavarkötéssel kapcsolódnak a lemezekhez, illetve pozíciójukat illesztőszegek biztosítják. A lemezek megvezetése 1-1 oldalon, közös vezetékekkel történik. Természetesen a fogasszíjak feszességének beállítása szükséges, mely állítható motor tartók segítségével történik. A menetes kapcsolat helyett golyósorsós megoldás is kivitelezhető.

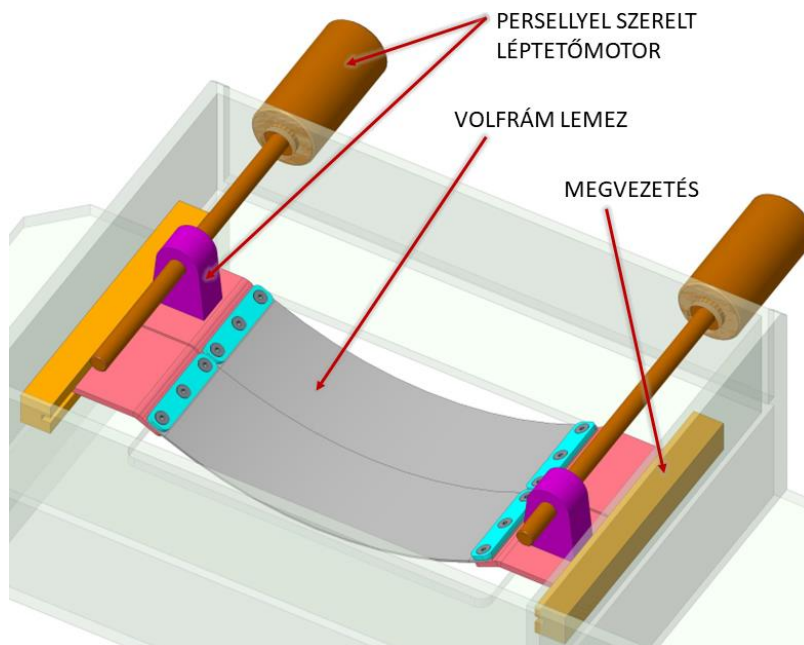
A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat: Cone szög állítás I. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Halk járás.	Viszonylag sok alkatrészből áll.
-	Szíjfeszesség és játékmentesség beállítása biztosítandó.
-	Tengelyvégek csapágyazása szükséges.

A lemezek mozgatása gyártó által tengelyekkel szerelt léptetőmotorokkal:

Az első koncepció kidolgozása közben felmerült egy újabb egyszerűsítési lehetőség. Kereskedelmi forgalomban kaphatók ugyanis olyan léptetőmotorok, melyek már eleve külső menetes tengellyel és persellyel, vagy golyósorsóval szereltek. Nagy előnyük a helytakarékoság, hiszen nincs szükség tengelykapcsolókra, illetve a tengelyeket további csapágyazással ellátni sem szükséges. Ilyen kialakítás látható a következő, 7.14. ábrán.



7.14. ábra: Cone szög állítás II. koncepció: elvi kialakítás (Forrás: saját ábra)

A problémát a menetes perselyek kottyanásmentességének biztosítása jelentheti, de a legtöbb cég árul játékmentes anyagot, melyek gyakorlatilag a széria kollimátornál

alkalmazotthoz hasonló rugófeszítésű, két félből álló menetes perselyek. A golyósorsós kialakítás esetében is kaphatók játékmentes kocsik. A voflrám lemezek ezekhez a perselyekhez vannak csavarokkal rögzítve és két oldalon megvezetve közös vezetékekben.

A koncepció fő előnyeit és hátrányait a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat: Cone szög állítás II. koncepció: előnyök és hátrányok

Fő előnyök	Fő hátrányok
Kevés és egyszerű kialakítású alkatrészből áll.	Motorok drágább bekerülési költsége.
Kedvező helyszükséglet.	-

7.5. Az elemek megvezetési lehetőségei

A fenti megoldási lehetőségek egyik közös jellemzője, hogy azok mindegyikénél gondoskodni kell a mozgatott elemek precíz megvezetéséről. A tengely körül forgatott lemez (7.1. alfejezet) esetében precíziós golyóscsapágy és vezetőlemezek szükségesek, a többi koncepciónál ezek a megvezetések lineáris vezetékek. Ebben az alfejezetben röviden bemutatásra kerülnek az alkalmazható megoldások ezen funkció megvalósítására.

Igus DryLin lineáris vezetékek:

Törekedvén a költségek minimális értéken tartására, lehetőség nyílik Igus gyártmányú DryLin termékek beépítésére, melyekre pár példa a 7.15. ábrán látható.



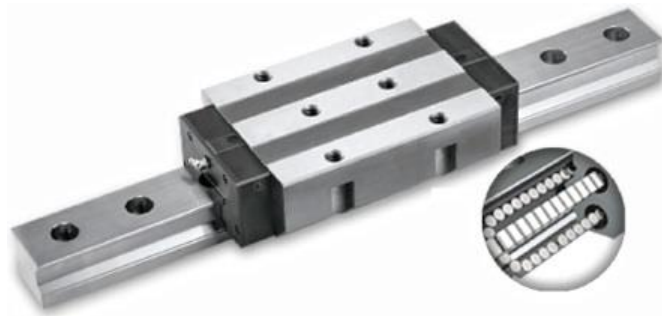
7.15. ábra: Igus DryLin termékek (Forrás: <https://www.igus.hu/info/linear-liner> 2023.09.18. 18:39)

Ezen termékek közös jellemzője a relatív olcsó bekerülési költség, valamint az általuk elviselt terheléshez viszonyított kicsi beépítési méret, ugyanakkor méreteik tűrése nagyságrendekkel elmarad a lineáris vezetékeknel megszokott értékekhez képest (pl. befoglaló magasság tűrése $\pm 0,35$ mm).

Lineáris vezetékek és kocsik:

Gyártótól függetlenül elmondható, hogy a (golyós, vagy gördülőelemes) lineáris vezetékek és kocsik (7.16. ábra) bekerülési értéke ugyan magasabb például az előbbivel összevetve, de szakszerű telepítésük esetén kimondottan pontos futást eredményeznek.

Méreteik tűrése az orvostechnikai környezetben elvártakhoz jobban igazodik. Léteznek belőlük „miniatűr” kialakításúak is, melyek felveszik a versenyt az Igus termékek kis helyigényével.



7.16. ábra: Lineáris sín és kocsi (Forrás: <https://accu-techusa.com/shop/linear-guides/pmi/pmi-msr/>
2023.09.18. 19:02)

7.6. A kollimátor ház kialakítási lehetőségei

Ahogy arról korábban szó esett és a képeken is látható volt, az egyes részegységek különféle alkatrészeit egy közös házban szeretnénk rögzíteni, melyet a röntgenső tartó acélszerkezetéhez csavarozunk és illesztőszegekkel pozícionáljuk azt. Ebben az alfejezetben röviden bemutatásra kerül, hogy milyen lehetőségek merültek fel a ház kialakításához.

Fontos megjegyezni, hogy a Mediso Kft. nem rendelkezik saját gyártócsarnokkal, így a megtervezett gépelemek mindig külső partner(ek) által kerülnek elkészítésre. Számos esetben a beszállítónál elérhető gépparkhoz kell illeszkednünk a tervezés során.

Öntött kialakítású ház:

Sorozatgyártás esetén több készüléke esetében alkalmaz a Mediso Kft. alumínium ötvözetű (AlSi8Cu3) öntvény házakat, melyeket öntést követően utómunkáltatnak, hogy a csatlakozó, illeszkedő felületek, furatok kellő pontosságúak legyenek. Ennek a technológiának a legnagyobb előnye az ismételhetőségben rejlik, hiszen az öntvény geometriája szerszámból jön, így kiválóan integrálható szériagyártáshoz. Ugyanakkor az öntőszerszám elkészítése egy egyszeri magas költséget jelent, melyen változtatni nem, vagy csak nehezen lehet, így csak akkor alkalmazzuk ezt a technológiát, amikor már kiforrott egy gyártmány, így kísérleti termék, vagy prototípus gyártásához nem célszerű alkalmazása.

Hegesztett acélszerkezet:

Prototípusok gyártásakor sokkal nagyobb előszeretettel alkalmazott technológia. A vastagságtól függően lézer-, vagy vízvágott, általában szerkezeti acél lemezek, profilok valamely hegesztési technológiával (ötvözetlen szénacélok esetében jellemzően MAG) történő oldhatatlan kötése. A technológia nagy hőbevitellel jár, amely elhúzza az anyagokat,

így a hegesztéssel előállított szerkezetek sem alak-, sem méretpontosak nem lesznek. Ezért precíziós környezetű felhasználásnál minden esetben szükséges ezen alkatrészek utómunkálása, ahol a felületek síkolásra kerülnek, illetve a furatokat is ekkor célszerű elkészíteni.

Szerelt acélszerkezet:

Kisebb megmunkáló cégek nem minden esetben vannak berendezkedve nagyobb méretű hegesztett szerkezetek utómunkálására, melyekhez akár öttengelyes CNC megmunkálóközpontok is szükségesek lehetnek. Lehetőség nyílik azonban a szükséges végső geometria „feldarabolására”, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy minden lemezt, profilt, stb. már első lépésben kész geometriára munkálunk, majd nem hegesztéssel, hanem csavarkötésekkel rögzítjük őket, az egymáshoz képesti pozíciókat pedig illesztőszegek alkalmazásával tudjuk biztosítani. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy az ilyen szerkezetek merevsége nem egyezik meg a hegesztett acélszerkezetekével, így minden esetben ellenőrizni kell azok technológiára való alkalmasságát.

8. A VÉGLEGES MEGOLDÁSOK KIVÁLASZTÁSA

Az optimális megoldási variációk kiválasztása pontozásos alapon történt. Ehhez 4 darab egyformán fontos, vagyis azonos súlyozású kategóriát állapítottam meg, melyek a következők lettek:

- egyszerűség,
- helyszükséglet,
- várható bekerülési költség,
- karbantartásigény.

Az egyes kategóriákon belül 1-től 5-ig terjedő pontokat kaptak a koncepciók.

Az egyszerűség a pontérték növekedésével nő, míg a helyszükséglet, a várható bekerülési költség és a karbantartásigény a pontértékek növekedésével csökkennek.

A pontozás végén koncepciónkénti összegzés történik és a nagyobb pontszámot elért variáció nyer megvalósítást.

Az eredmények a következő, *11. táblázatban* láthatók.

11. táblázat: Tervvariánsok összevetése

	Egyszerűség	Helyszükséglet	Várható berkerülési költség	Karbantartás- igény	Σ
Szűrőlemez I.	5	4	4	4	17
Szűrőlemez II.	3	2	4	4	13
Bowtie I.	5	4	4	4	17
Bowtie II.	3	3	2	2	10
Fan I.	5	2	3	4	14
Fan II.	4	4	4	4	16
Cone I.	3	2	2	2	9
Cone II.	5	4	3	4	16

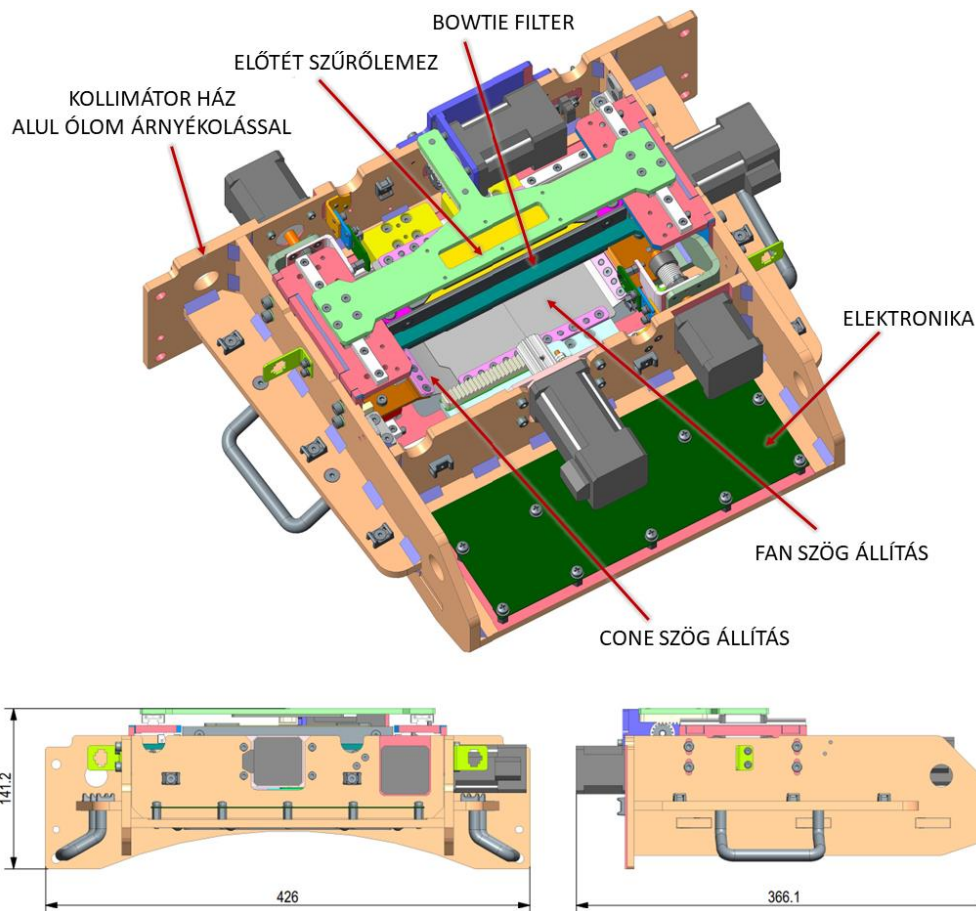
A megvezetések tekintetében a precízebb kialakításuk miatt **lineáris vezetékek és kocsik** kerülnek felhasználásra.

A ház kialakításánál a prototípus jelleg, illetve a relatív kis méretek miatt az utómunkált **hegesztett acélszerkezet** nyer megvalósítást azzal a kitétellel, hogy amennyiben beválik a konstrukció és szériagyártásra kerül sor, valamint a cég vezetősége is úgy dönt, a házat viszonylag kis energiabefektetéssel át lehessen alakítani a nagyobb darabszámhoz jobban illeszkedő önthető kialakításúra.

9. A MEGTERVEZETT ÚJGENERÁCIÓS KOLLIMÁTOR EGYSÉG RÉSZLETES BEMUTATÁSA

A megtervezett kollimátor egység 3D axonometrikus ábrája és befoglaló méretei a 9.1. ábrán láthatók. Ebben a fejezetben a megtervezés és összeszerelés folyamata kerül részletes ismertetésre, az egyes alfejezetek a kollimátor főbb részegységeinek összeszerelési sorrendjében követik egymást. A beépítési rajzok a Mellékletek között megtalálhatók.

A részegységek mechanikai elemeinek rögzítéséhez alkalmazott csavarok minden esetben horganyzott kivitelűek, valamint Loctite 243 menetrögzítővel ellátva szerelendők.

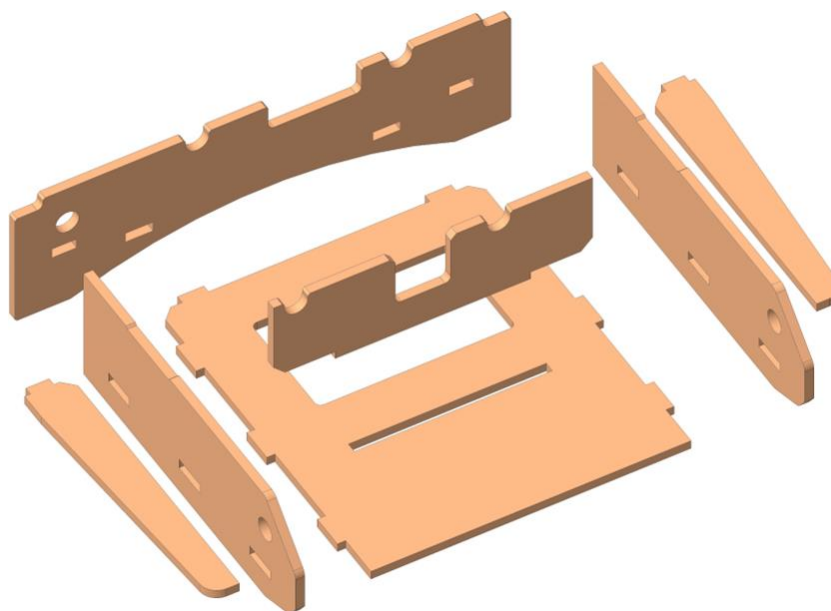


9.1. ábra: Elektronikával készre szerelt NG CT Kollimátor egység (Forrás: saját ábra)

9.1. Kollimátor ház

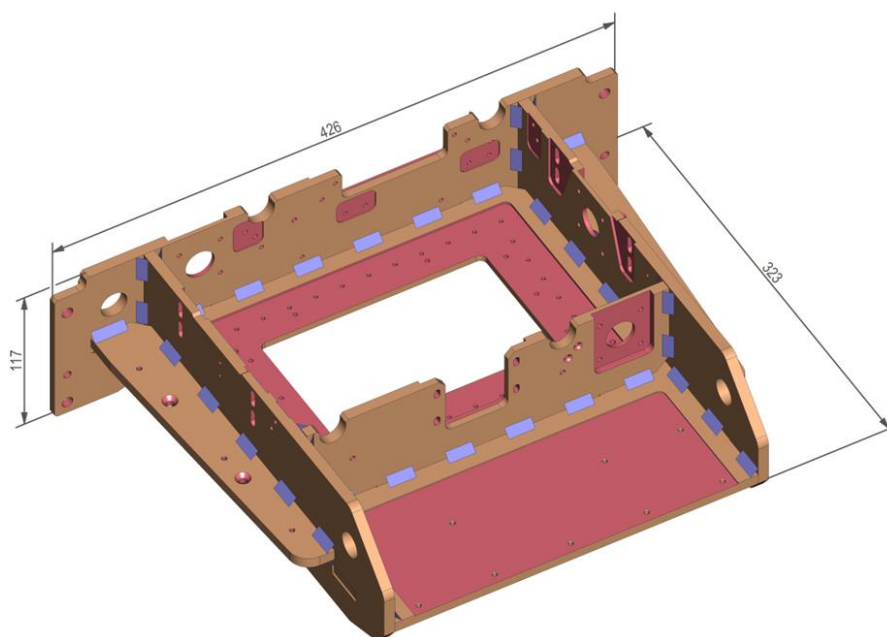
A kollimátor ház kialakításánál elsődleges cél volt a minél egyszerűbb, de robusztusabb és relatív kis befoglaló méretekkel bíró felépítés. A szerkezet kellő merevségének biztosítása céljából összehegesztett acéllemezeket alkalmaztam. A lemezek anyagminőségének S235JR, kiválóan hegesztethető és megmunkálható szerkezeti acélt választottam. Több lemezből álló hegesztett szerkezeteknél amennyiben lehetséges, érdemes „fűrészfogas” kialakítást alkalmazni (9.2. ábra). Az alkalmazott vastagságban a lemezeket lézervágják, a technológia

pontossága kb. $\pm 0,1$ mm, így célszerű a csatlakozó lemezeken túlnyúlásokat, a fogadó lemezeken pedig minimális ráhagyással (oldalanként 0,2 mm) rendelkező kivágásokat kialakítani. Az ilyen módon elkészített lemezeket jelentősen egyszerűbb összekészíteni hegesztéshez. Ezek hiányában a méretek tartásához hegesztőkészülék(ek) alkalmazása válhat szükségessé, amely a gyártási költségek növekedéséhez vezetne.



9.2. ábra: „Fűrészfog” kialakítású lemezek (Forrás: saját ábra)

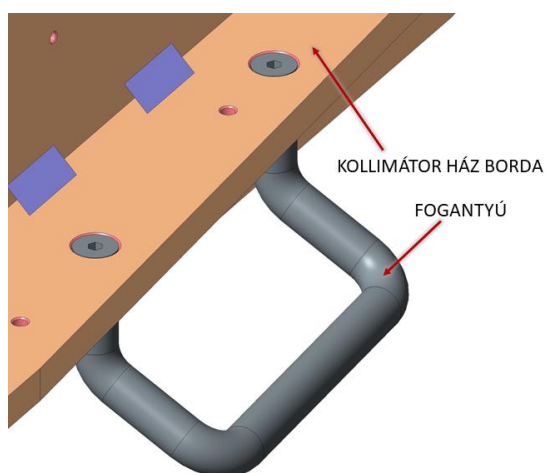
A lemezek vastagsága azok beszerzésének egyszerűsítése céljából egységesen 8 mm, melyek egymáshoz szakaszos varratokkal kerülnek hegesztésre. A korábbi gyártási tapasztalatokat és a nem túl nagy mértékű igénybevételt figyelembe véve ezen varratokat a4 méretben határoztam meg. A lemezek nagyobb méretű kivágásai is lézervágással készülnek.



9.3. ábra: Utómunkált kollimátor ház (Forrás: saját ábra)

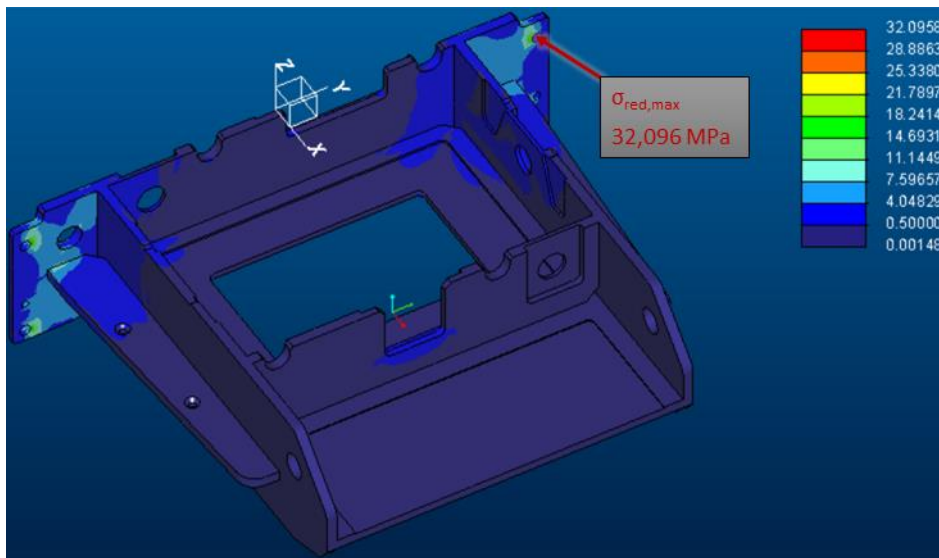
Hegesztést követően először feszültségmentesítés, majd a ház utómunkálása következik. A megmunkált ház a befoglaló méreteivel a 9.3. ábrán látható, az ábrán piros színnel kerültek jelölésre azok a geometriák, melyek hegesztés után készülnek el. Hegesztés közben nagy hőterhelés éri az alkatrészeket, mely azok deformációjához vezet, ezért a csatlakozó, illeszkedő felületek megfelelő pontosságát (méret-, alak-, és helyzettűrések) utómunkálással tudjuk biztosítani. Ekkor készülnek el a csatlakozó alkatrészek számára a menetes-, illetve illesztett furatok, hornyok is. Megmunkálást követően a végső művelet a felületkezelés, mely jelen esetben szürke (RAL 7015) festést jelent a menetek, illesztett felületek maszkolásával és átmeneti korrózióvédelmével. Horganyzás az illesztett méretek miatt itt nem alkalmazható, a felületekre rakódó cinkrétegek elviszik a tűréseket.

Az oldalsó bordákon fogantyúk (9.4. ábra) részére furatok kerültek kialakításra a könnyebb rakodhatóság érdekében. A készre munkált kollimátor ház össztömege 12 kg, a mechanikailag készre szerelt egység 21 kg. Ehhez az elektronikai komponensek tömegei hozzászámolandók, de a komplett kollimátor össztömege így is 25 kg alatt várható, ezért a következő fogantyút választottam: Rohde AE-10.086.01, amely adatlapja [17.1] szerint min. 500 N teherbírású. Kettő fogantyú alkalmazásával a biztonsági tényező 4 felett alakul, ami túltejesíti az EN60601-1 szabványban megfogalmazottakat, aszerint ugyanis minimum 2,5 érték tartandó teherviselő elemek esetében. A fogantyúk kiválasztásakor szempont volt, hogy lehetőség szerint olyat válasszak, amely más Mediso termékbe is beépül és tartunk belőle raktárkészletet. A fogantyúk egyenként 2 db M5x16 08.8 anyagminőségű süllyesztett fejű (továbbiakban SF rövidítés) belső kulcsnyílású (továbbiakban BK rövidítés) csavarral kerülnek rögzítésre a házhoz. A fogantyúk középsíkja egybeesik a kollimátor egység súlypontjával, melyet 3D tervezőszoftver segítségével határoztam meg. Azok elhelyezésekor figyelembe kellett venni azt is, hogy az egység röntgenső tartószerkezetéhez történő csavarozáskor a csavarokhoz nyomatékkulccsal hozzá lehessen férni.



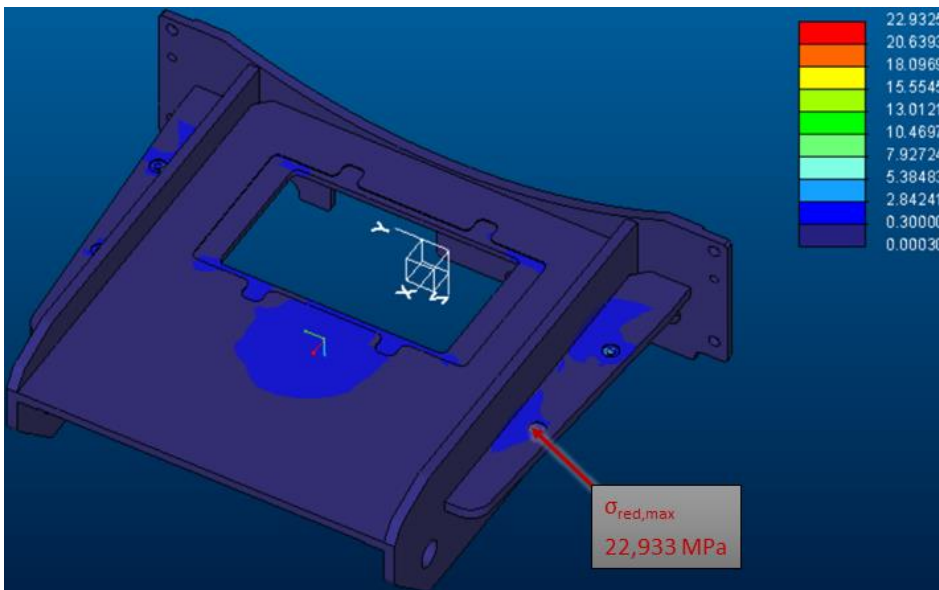
9.4. ábra: Fogantyús kialakítás (Forrás: saját ábra)

A kollimátor ház szilárdságát végeelem-módszerrel kétféle módon is ellenőriztem. Az első esetben a házat a 4 db furaton, illetve a 2 db illesztőszegen rögzítettem. A terhelés felvételekor a gravitációs-, illetve az állandósult állapotban történő 150 RPM-el (15,708 rad/s) történő forgás okozta centrifugális gyorsulást, valamint a házra szerelt egységek tömegeit vettem figyelembe. A vizsgálat közben a terhelési szempontból kedvezőtlenebb esettel számoltam, vagyis amikor forgás közben a ház olyan pozícióban van, amikor a gravitációs erő, illetve a tömegerek vektorai egy irányba mutatnak (alsó holtpont). Az eredményeket a 9.5. ábra szemlélteti.



9.5. ábra: Kollimátor ház VEM vizsgálata (1) (Forrás: saját ábra)

A második esetben a fogantyú furataiban ébredő feszültségeket vizsgáltam az egység megemelése közben. Ebben az esetben a Gantry áll, tehát csak a gravitációs gyorsulásból adódó tömegerekkel kellett számolni. Az erről készült feszültségeloszlás a 9.6. ábrán látható.



9.6. ábra: Kollimátor ház VEM vizsgálata (2) (Forrás: saját ábra)

Az S235JR anyagminőség folyáshatárának minimálási értéke adatlapja [17.2] szerint 185 MPa. B=2 anyagra vonatkozó biztonsági tényezőt tartva a megengedett feszültség értéke:

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{R_{p0,2,\text{min}}}{B} \quad (9.1)$$

$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{185 \text{ MPa}}{2} = 92,5 \text{ MPa}$$

Vagyis a ház kialakítása feszültségcsúcsra történő ellenőrzésre megfelel, hiszen a kapott legnagyobb eredmény 32,096 MPa volt. A megengedett feszültséghez viszonyított biztonsági tényező így:

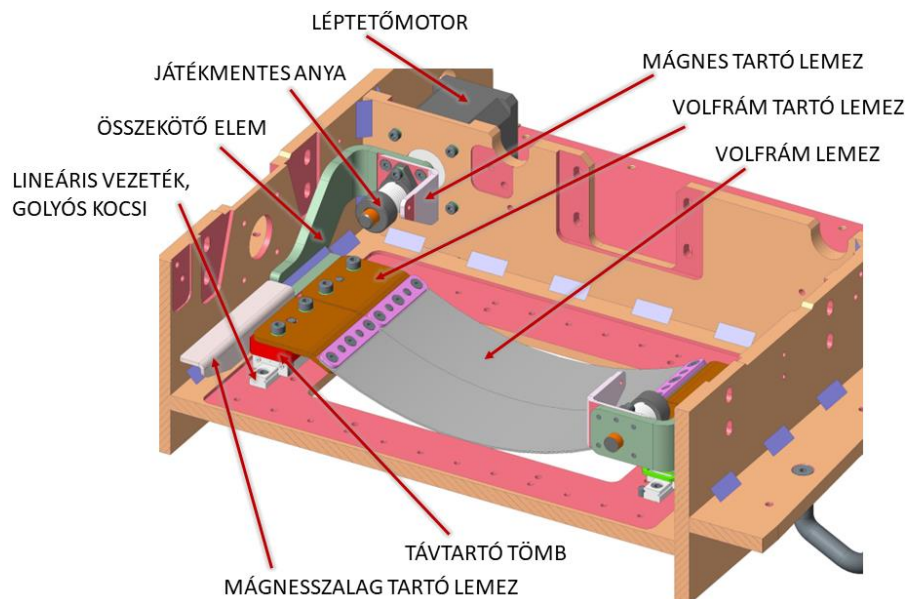
$$n = \frac{\sigma_{\text{meg}}}{\sigma_{\text{max}}} \quad (9.2)$$

$$n = \frac{92,5 \text{ MPa}}{32,096 \text{ MPa}} = 2,882$$

Végeselem-módszerrel meghatároztam továbbá a terhelés hatására kialakuló legnagyobb elmozdulást, amely 0,082 mm-nek adódott – ez az érték elfogadható. Megvizsgáltam annak a lehetőségét is, hogy a lemezek vastagsága csökkenthető-e egységesen 8 mm-ről 6 mm-re. Ebben az esetben egyfelől 48,8 MPa maximális redukált feszültségcsúcs ébredne, a biztonsági tényező értéke így pedig 2,5 alá kerülne (1,895), ami orvostechikai környezetben nem elfogadható, másfelől az utómunkálások során több helyen elvékonyodnának a keresztmetszetek, így végül maradtam a 8 mm vastagságú lemezeknél.

9.2. Cone szög állítás

A kollimátor házra először a Cone szög állító részegység kerül felszerelésre (9.7. ábra).



9.7. ábra: Beépített Cone szög állító részegység (Forrás: saját ábra)

A léptetőmotor konkrét típusát csak a koncepció részleteinek kidolgozását követően tudtam kiválasztani, hiszen ekkorra derült ki, pontosan hol, mekkora karon, mekkora terhet kell tudni mozgatni, illetve ekkora alakult ki az is, hol lehetne a motor középtengelye. 3D tervezőszoftver segítségével meghatározásra került az egy motorral mozgatandó teher; $m_{\max}=0,7$ kg. A Cone szöget forgás közben (is) kellhet tudnunk állítani, így a motor erőszükségletének számításakor figyelembe kell venni a Gantry állandósult állapotú szögsebességgel történő forgásból adódó centrifugális erőtöbbletet.

$$a_n = R \cdot \omega^2 \quad (9.3)$$

$$a_n = 0,453 \text{ m} \cdot (15,708 \text{ rad/s})^2 = 111,774 \text{ m/s}^2$$

Ahol R a Gantry közepétől a mozgatandó teher tömegközéppontjáig mért távolság.

$$a_R = \sqrt{g^2 + a_n^2} \quad (9.4)$$

$$a_R = \sqrt{(9,81 \text{ m/s}^2)^2 + (111,774 \text{ m/s}^2)^2}$$

$$a_R = 112,204 \text{ m/s}^2$$

$$F_{\max} = m_{\max} \cdot a_R \quad (9.5)$$

$$F_{\max} = 0,7 \text{ kg} \cdot 112,204 \text{ m/s}^2 = 78,543 \text{ N}$$

A léptetőmotor beszállítójának meghatározásához a Mediso Kft. tapasztalatait, egyéb berendezéseinél használt gyártókat vettem számításba. Fontos kritérium volt a továbbiakra való tekintettel is, hogy egy gyártótól mind az 5 db motort be lehessen szerezni. Ezek alapján a kiválasztott gyártó a PrimoPal vállalat lett. Elérhetőek náluk olyan lineáris léptetőmotorok, melyek előre egyeztetett hosszúságú menetes tengellyel, illetve rugófeszítésű játégmentes anyával előszerelve érkeznek - ehhez gyakorlatilag már csak a mozgatandó alkatrészt kell tudni rögzíteni. Ugyan a léptetőmotorokhoz alapvetően nem szükséges használatuk, de mi biztonsági okokból minden hajtás esetében alkalmazni fogunk enkódereket is. Mivel jelen esetben az elmozdulás egy tengely menti transláció, lineáris enkódereket fogunk alkalmazni, ennek részletezése az elektronikai egységekkel foglalkozó fejezetben található.

Ahogy az a 9.7. ábrán is látható, az előzetes koncepcióval ellentétben a motorok végül nem egyoldalon helyezkednek el; az egyik motor a Gantry csapágya felőli oldalon kapott helyet. Ez a kialakítás lehetővé teszi rövidebb hosszúságú menetes tengelyek alkalmazását, mely gazdaságilag és természetesen szilárdságilag is előnyösebb. A csapágy és a kollimátor ház hátsó lemeze között 50 mm áll rendelkezésre, így olyan motorok közül lehetett csak válogatni, melyek helyigénye kisebb ennél.

Ezen lehetőségek a 12. táblázatban láthatók, ahogyan a következő képlet alapján számolt biztonsági tényezők is az egyes motorok tekintetében.

$$n_{\text{mot},i} = \frac{F_{\text{terhelhető},i}}{F_{\text{max}}} \quad (9.6)$$

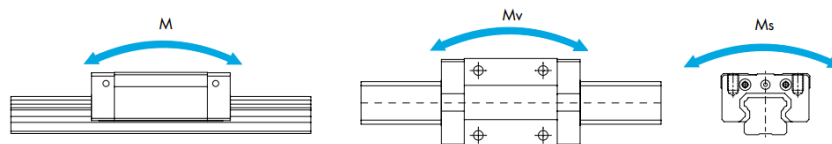
12. táblázat: Cone állítás motor lehetőségei (Forrás: [17.3])

	Teljes beépítési hossz [mm]	Terhelhetőség [N]	Biztonsági tényező [-]
PHBL42E35	34,1	180	2,292
PHBL42E49	48,1	230	2,928

Megjegyzem, hogy a maximális terhelhetőség a lineáris mozgás sebességének függvénye. A követelményjegyzékben meghatározottak alapján 25 mm/s sebesség szükséges, a [17.3] katalógusból ennek a sebességértéknek megfelelően lettek leolvasva a terhelhetőségek mértékei a diagrammokról.

Ezek alapján a PHBL42E49 jelzésű motor került kiválasztásra, mivel alkalmazása mellett a biztonsági tényező a szabvány által előírt 2,5 érték feletti. A motor lépésszöge $1,8^\circ$, az anya minimális lineáris elmozdulása 0,01 mm, amely számunkra megfelelő pontosságú.

A lineáris vezeték és kocsik kiválasztásánál elsődleges szempont volt a minél kisebb beépítési méret. A mozgatott tömegek két oldalán 1-1 lineáris megvezetés kerül alkalmazásra, vagyis a kocsik terhelése szimmetrikus. A motorokhoz hasonlóan itt is figyelembe vettem, hogy egy bejáratott beszállítótól szerezzük be a vezetékeket, illetve, hogy lehetőség szerint egyfajta, egymástól maximum vezetékhozzban eltérő megvezetéseket alkalmazzunk az összes részegység esetében, egyszerűsítve ezáltal a beszerzést és a szerelést.



Ref No.	Dimensions of MLG Rail						Basic Load Rating Dynamic Static		Static Moment Capacity Nm			Weight	
	Width W1 ±0.05	W2	Height H1	Min G	Pitch P	d1 x d2 x h	C N	Co N	M	Mv	Ms	MLG Block g	MLG Rail g/m
MLG5C	5	3.5	3.7	5	15	2.4 x 3.6 x 0.8	516.9	757.1	1.27	1.27	1.8	3.1	139
MLG5N							632.1	1009.4	2.25	2.25	2.35	4.0	
MLG7C	7	5	5	5	15	2.4 x 4.2 x 2.3	924.2	1135.6	1.9	1.9	3.6	6.4	253
MLG7N							1227.1	1703.4	4.3	4.3	5.4	9.0	
MLG7L							1671.6	2649.7	10.2	10.2	8.4	12.6	
MLG9C	9	5.5	6	7.5	20	3.5 x 6 x 3.5	1162.6	1484.9	3.1	3.1	6.1	9.9	391
MLG9N							1697.0	2545.5	9.3	9.3	10.5	17.1	
MLG9L							2337.1	4030.3	22.1	22.1	16.6	25.2	
MLG12C	12	7.5	8	8	25	3.5 x 6.5 x 4.5	2181.7	2384.8	5.4	5.4	12.9	19.8	679
MLG12N							3035.6	3815.6	14.3	14.3	20.7	31.5	
MLG12L							4254.0	6200.4	35.3	35.3	33.6	45.9	

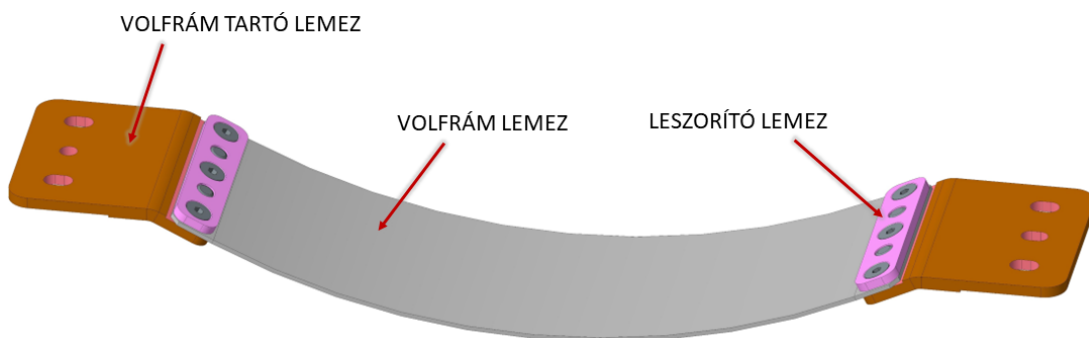
9.8. ábra: MLG9L lineáris vezeték és golyós kocsik adatlap (Forrás: általam szerkesztett kép [17.6] alapján)

A HepcoMotion vállalatnál elérhetők úgynevezett „Miniature” kialakítású vezetékek és golyós kocsik. A kollimátor részegységeinek fizikai méreteiből adódón a legnagyobb

beépíthető méret ebből a kialakításból a [17.6] katalógus szerint a ML9L típus, mely terhelhetősége a 9.8. ábrán látható. Az általunk mozgatott tömegek és a fellépő terhelések (minden részegységnél) nagyságrendekkel kisebbek a katalógusban bármely kocsi esetében előírt maximális statikus és dinamikus terhelési határoknál, így külön számítást nem igényel ezek megfelelőségének bizonyítása. A kiválasztott típus tehát a Cone szög állítás esetében ML9L, 110 mm hosszúságú vezetékkel.

Telepítésük során az egyik oldali lineáris vezeték 2 db illesztőszegnek ütköztetjük, ez lesz a vezető, másik pedig az úszó oldal. A vezetékeket egyenként 6 db M3x8 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral rögzítjük a kollimátor házhoz. A kocsiakra kerülnek felszerelésre egyrészt az AlSi1MgMn anyagminőségű, szintelen eloxált távtartó tömbök, illetve az összekötő elemek is, egyenként 4-4 db M3x16 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavar segítségével. A süllyesztett fejű csavarok használatának előnye, hogy a kúpos felületek pozícionálják is a kocsiakra szerelendő alkatrészeket. Az összekötő elem 2 db S235JR anyagminőségű acéllemezből összehegesztett, majd utómunkált, vegyi barnított tartószerkezet. Funkciója kettős: egyfelől erre kerül rögzítésre a motor tengelyére felfűzött játégmentes anya 3 db M3x10 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral, másfelől erre szereljük fel a volfrám lemez tartójának egyik oldalát is. Vagyis ez az elem teremt kapcsolatot a hajtó és a hajtott oldal között. A motorokat 4-4 db M3x6 méretű, 8.8 minőségű, Schnorr alátéttel ellátott BK csavarral szereljük fel a kollimátor házra.

A tartó lemezekkel szerelt volfrám lemez kialakítása a következő, 9.9. ábrán látható.



9.9. ábra: Szerelt, utómunkált volfrám lemez egység (Forrás: saját ábra)

Az 1 mm vastag, ívelt, porkohászati úton előállított volfrám lemezt két oldalon 1-1 hajlított, 3 mm vastagságú S235JR anyagminőségű acéllemezeire szereljük. A volfrám lemezek méretei a detektormodul geometriája, illetve a maximális beállítandó Cone- és Fan szögek ismeretében kerültek meghatározásra, figyelembe véve annak rögzítési lehetőségeit. Az acéllemezek volfrám alatti felfekvő felületei hajlítást követően síkba munkáltak. Ezen lemezekre oldalanként 2 db Ø4x6 méretű illesztőszeg segítségével pozícionáljuk, majd alumínium leszorító lemezeket keresztül 3-3 db M3x6 méretű, 08.8 minőségű SF BK

csavarral rögzítjük a volfrám lemezt. Szerelést követően a két oldalsó acéllemez alul síkolásra kerül, valamint ekkor készülnek el az azokon látható furatok is. Az ábra bal oldalán látható tájolásra használt középső furat, illetve a másik oldalon található középső horony illesztett méretűek, a szélső oválhornyok pedig M4 csavarok fogadására készültek.

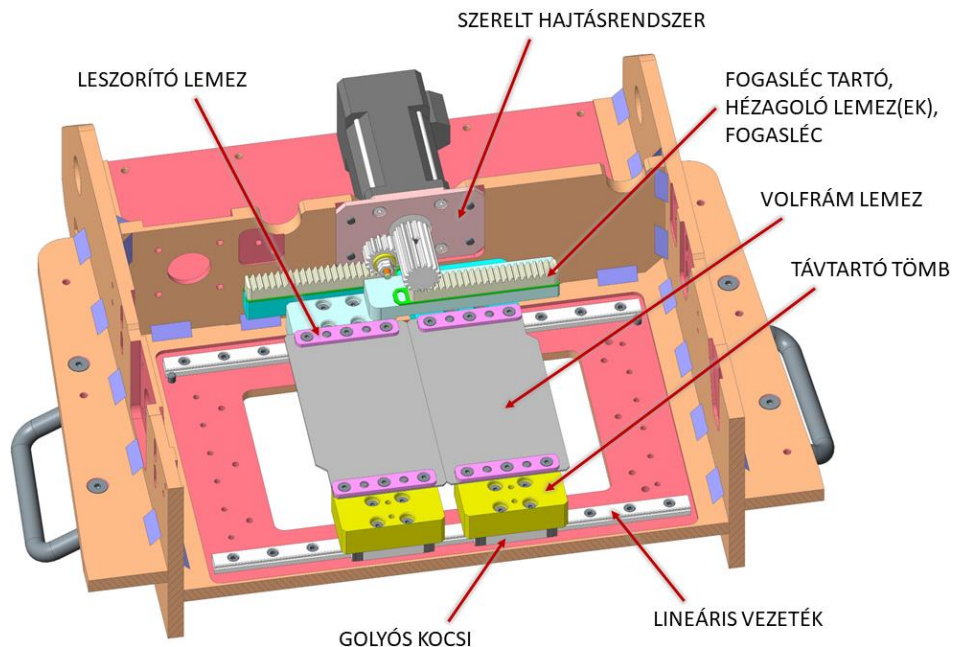
Ezt a szerelt egységet a távtartó tömbbe és összekötő elembe helyezett 1-1 db Ø4x10 méretű illesztőszeg segítségével tudjuk a helyére pozicionálni, majd 2-2 db M4x8 méretű, 8.8 minőségű, BK csavarral és Schnorr alátétek alkalmazásával rögzíteni.

A játéktmentes anya és az összekötő lemez közé egy mágnestartó lemezt is szerelünk 2 db M3x6 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral. Erre majd a későbbiekben egy mágnes kerül felhelyezésre, mely az elektronikával foglalkozó fejezetben kerül kifejtésre. A távtartó tömbök oldalain található 3-3 db menetes furat is, ezeken keresztül tudjuk a mágnesszalag tartó lemezeket rögzíteni.

Ezt követően a komplett szerelés megismétlésre kerül a másik Cone szög állító motor esetében is.

9.3. Fan szög állítás

A kollimátor házra szerelt részegység kialakítása a következő, 9.10. ábrán látható (a könnyebb értelmezhetőség kedvéért a Cone szög állítás nélkül ábrázolva).



9.10. ábra: Beépített Fan szög állító részegység (Forrás: saját ábra)

A Fan szög állítása, ahogy arról korábban már szó volt, egy motorral, két volfrám lemezt szimmetrikusan mozgatva történik. A léptetőmotor konkrét típusának kiválasztásához 3D tervezőszoftver segítségével meghatároztam, hogy oldalanként maximum 0,75 kg (m_{max})

tömeget kell tudni mozgatnia a motornak, mely tömegközéppontja 31,5 mm (k_{\max}) távolságra található a motor középtengelyétől. A Fan szög vizsgálat közben nem változik, tehát csak álló helyzetben kell tudni ezt a terhet mozgatni és forgás közben pozícióban tartani. Állandósult szögsebesség mellett nincs a lemezek nyitásának irányába eső gyorsuláskomponens, viszont ennek eléréséig van a rendszernek szöggyorsulása, így ekkor fellép tangenciális gyorsulás is. Ezek birtokában számítható volt a szükséges tartó nyomaték.

$$\varepsilon = 15,708 \text{ rad/s}^2$$

A valóságban ez az érték kisebb, mert több időt vesz igénybe a Gantry üzemi fordulatszámának elérése, viszont a biztonság irányába térünk el így a számítások során.

$$a_t = R \cdot \varepsilon \quad (9.7)$$

$$a_t = 0,455 \text{ m} \cdot 15,708 \text{ rad/s}^2 = 7,147 \text{ m/s}^2$$

Ahol R a Gantry közepétől a mozgatandó teher tömegközéppontjáig mért távolság.

$$a_R = \sqrt{g^2 + a_t^2} \quad (9.8)$$

$$a_R = \sqrt{(9,81 \text{ m/s}^2)^2 + (7,147 \text{ m/s}^2)^2}$$

$$a_R = 12,137 \text{ m/s}^2$$

$$F_{\max} = m_{\max} \cdot a_R$$

$$F_{\max} = 0,75 \text{ kg} \cdot 12,137 \text{ m/s}^2 = 9,1 \text{ N}$$

$$M_{\max} = F_{\max} \cdot k_{\max} \quad (9.9)$$

$$M_{\max} = 9,1 \text{ N} \cdot 0,0315 \text{ m} = 0,287 \text{ Nm}$$

A léptetőmotort szintén a PrimoPal vállalattól szerezzük be. A PrimoPal-nál elérhetők úgynevezett zárt-hurkú léptetőmotorok is, melyek beépített enkóderrel rendelkeznek. Ilyen kialakítású motorok közül a befoglaló méreteket tekintve csak a Nema 17 jelzésűek férnek el a házban, ebben a méretkategóriában 3 motor közül lehetett választani.

A 13. táblázat tartalmazza ezeket a lehetőségeket, illetve a következő képlet alapján számolt biztonsági tényezőket is az adott motorok esetében.

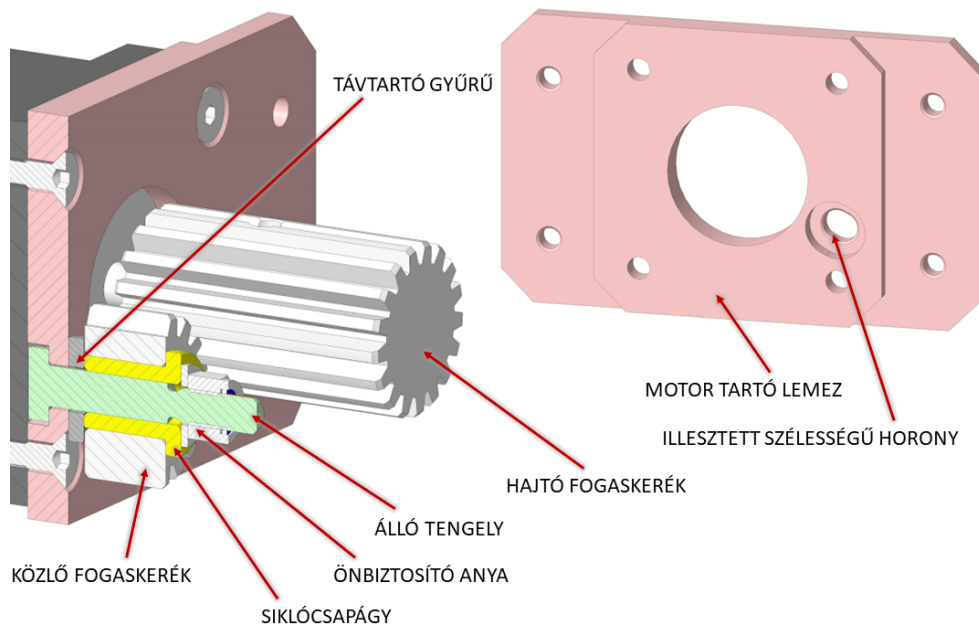
$$n_{\text{mot},i} = \frac{M_{\text{tartó},i}}{M_{\max}} \quad (9.10)$$

13. táblázat: Fan állítás motor lehetőségei (Forrás: [17.3])

	Teljes beépítési hossz [mm]	Tartó nyomaték [Nm]	Biztonsági tényező [-]
PHSM42S37	55	0,3	1,045
PHSM42S51	69	0,5	1,742
PHSM42S67	85	0,8	2,787

Ezek alapján a PHSM42S67 jelzésű került kiválasztásra, mivel ezen motor alkalmazása mellett a biztonsági tényező 2,5 érték feletti. A léptetőmotor lépésszöge $1,8^\circ$, amely számunkra kellő pontosságot biztosít a lemezek beállításához.

A lemezek ellentétes irányú mozgását egy közlőkerék beépítése biztosítja (9.11. ábra). Természetesen a kettő fogaskerék közötti áttételnek 1-nek kell lennie. A fogaskerékkapcsolat méretminimalizálás céljából $m=1$ modullal, illetve 20° -os kapcsolószöggel rendelkeznek, így a fogszám (szerszámállítás nélkül) legkevesebb 17 lehetett.



9.11. ábra: Fan szög állítás előre összeszerelhető hajtásrendszere (Forrás: saját ábra)

A gyártandó fogaskerekek, illetve fogasléc egyszerűsített fogazási táblázatát a 14. táblázat tartalmazza.

14. táblázat: Fogazási táblázatok a Fan szög állítás hajtásrendszerének esetében

	Hajtó fogaskerék	Közlő fogaskerék	Hajtott fogasléc
Fogazati típus [-]	Elemi hengeres	Elemi hengeres	Egyenes elemi
Modul [-]	1	1	1
Tengelytávolság [mm]	17	17	-
Fogosztás [mm]	-	-	3,141
Fogszám [db]	17	17	-
Osztókör átmérő [mm]	17	17	-
Fejkör átmérő [mm]	19 h8	19 h8	-
Lábhézag tényező [-]	0,25	0,25	0,25
Profilszög [°]	20	20	20

Szerelés során az S235JR anyagminőségű, vegyi barnított motor tartó lemezen található illesztett szélességű hornyon keresztül toljuk az álló tengelyt (Ø4,5 H7/g6). Az illesztésre azért van szükség, hogy a hajtó- és a közlőkerék közötti tengelytávolságot amennyiben szükséges, a tengely végén található lelapolások segítségével manuálisan állítani tudjuk a tengely horonyban történő csúsztatásával. A közlő fogaskerék agyfuratába egy ZX-100 anyagminőségű műanyag siklócsapágy kerül sajtolásra (Ø8 H7/r6), a siklócsapággal szerelt fogaskerék agyrésze pedig a tengelyre kerül felfűzésre Ø4,5 H7/g6 illesztéssel. A motor tartó lemez és a siklócsapágy között egy rozsdamentes acélból készült távtartó lemez kerül beszerelésre. A csapágyazott fogaskereket lapos alátéttel, illetve M4 méretű önbiztosító anyával rögzítjük. Ezt követően a motor peremes része kerül behelyezésre a tartó lemez Ø22 H7 furatába, majd 4 db M3x8 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral rögzítjük ahhoz. Az álló tengely és a motor homlokfelülete között min. 0,1 mm résnek kell lenni, ami azért szükséges, hogy fellazítást követően a tengelyt könnyedén lehessen a horonyban mozgatni a hajtó kerék irányába foghézagállítás céljából. A motor tengelyére felszerelésre kerül a hajtó fogaskerék, melyet 2 db horganyzott, 45H anyagminőségű M4x5 méretű BK hernyócsavarral rögzítünk axiálisan. A fogaskerekek, fogaslécak anyaga egységesen 16MnCr5 betétben edzhető acél, felületkezelésük vegyi barnítás. A fogfelületeket cementálni szükséges 0,3 mm mélységben, majd edzeni 55 HRC keménységűre.

Az álló tengely anyagminőségét 42CrMo4+QT-nek választottam, felületkezelése szintén vegyi barnítás. A tengely szilárdsági ellenőrzésekor a legrosszabb esetet vettem figyelembe, vagyis, ha a csapágy valamilyen okból megszorul a tengelyen. Ezt egy befalazott tartó esetére vezettem vissza, melyen konstans $T = 800 \text{ Nmm}$ csavaró nyomaték működik. Az így ébredő csavaró feszültség nagysága:

$$\tau_{cs,max} = \frac{T}{I_p} \cdot r_{max} \quad (9.11)$$

$$\tau_{cs,max} = \frac{800 \text{ Nmm}}{\frac{(4 \text{ mm})^4 \cdot \pi}{32}} \cdot 2 \text{ mm} = 63,622 \text{ MPa}$$

A [17.5] adatlap szerint a 42CrMo4+QT anyagminőség minimális folyáshatára ebben az átmérőtartományban 900 MPa, $B=3$ csavarásra értelmezett biztonsági tényező mellett az anyagminőségre vonatkozó megengedett feszültség értékét 300 MPa-ban határoztam meg. A megengedett feszültséghez képest számított biztonsági tényező tehát:

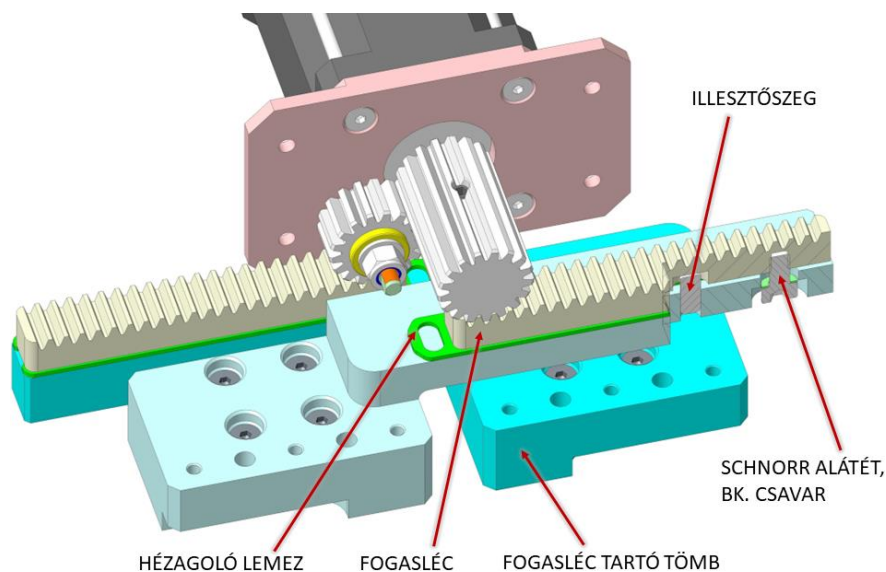
$$n = \frac{\tau_{meg}}{\tau_{cs,max}} \quad (9.12)$$

$$n = \frac{300 \text{ MPa}}{63,622 \text{ MPa}} = 4,715$$

A kapott eredmény alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a tengely még esetleges váratlanul fellépő nagyobb terhelések mellett is megfelel.

A lineáris vezetékre és kocsiira vonatkozó megállapítások az előző alfejezetben írtakkal megegyeznek, így az ott bemutatott HepcoMotion MLG9L vezetéket választottam a Fan szög állító mechanizmus megvezetésére is, az egyedüli különbség a vezetékek hossza, jelen esetben a szükséges hossz 240 mm.

A motor oldali lineáris vezetéket az előző alfejezetben lévő megoldáshoz hasonlóan 2 db illesztőszegnek ütköztetjük; ez lesz a vezető, másik pedig az úszó oldal. A vezetékeket egyenként 12 db M3x8 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral rögzítjük a kollimátor házhoz. A lineáris vezetékek golyós kocsijaira 4-4 db M3x16 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral rögzítjük egyik oldalon az S235JR anyagminőségű, barnított fogasléc tartó tömböket, másik oldalon pedig a szintelen eloxált AlSi1MgMn anyagú távtartó tömböket. A fogasléc tartóba 2-2 db Ø4x10 méretű illesztőszeget helyezünk, melyek a fogasléc aljain kialakított 4 H7 szélességű hornyokban futnak. Ez a fogkapcsolódás finom beállíthatóságát szolgálja. A fogasléc m=1 modullal készülnek, teljes hosszuk 75 mm. A fogasléc és tartója között rozsdamentes acél anyagú hézagoló lemez(ek) található(k) több méretben kialakítva (0,1 mm, 0,5 mm, 1 mm), melyekkel a foghézag szükséges mértéke beállítható. (9.12. ábra).



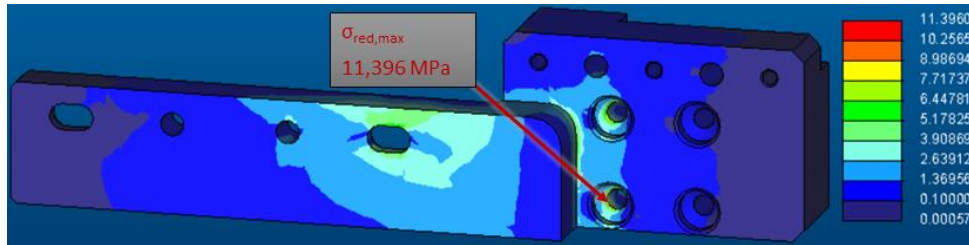
9.12. ábra: Fogasléc beépítési környezete (Forrás: saját ábra)

A fogasléc tartók közül a bal oldali a kedvezőtlenebb kialakítás szilárdsági szempontból, így ezt az alkatrészt VEM módszerrel is ellenőriztem. A vizsgálat eredménye a 9.13. ábrán látható. A vizsgálat során a legkedvezőtlenebb állapotot vizsgáltam, vagyis amikor a Fan szög maximális méretre van nyitva (50,2°). A fogaskerékajtásból a furatokon átadódó kerületi erőt, valamint a Gantry állandó szögsebességű forgásából adódó terhelést, illetve a gravitációs gyorsulást vettem figyelembe a szimuláció során.

A terhelő kerületi erő értéke:

$$F_{\text{ker}} = \frac{T}{r_w} \quad (9.13)$$

$$F_{\text{ker}} = \frac{800 \text{ Nmm}}{8,5 \text{ mm}} = 94,118 \text{ N}$$



9.13. ábra: Fogasléc tartó VEM vizsgálatának eredménye (Forrás: saját ábra)

A kapott eredmény szerint a keletkező redukált feszültségcsúcs 11,396 MPa értékű. A tartó anyagminőségére S235JR anyagot választottam. Az 9.1. egyenlet alapján az anyagra megengedett feszültség értéke 92,5 MPa. Az így számolt biztonsági tényező nagysága:

$$n = \frac{\sigma_{\text{meg}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{92,5 \text{ MPa}}{11,396 \text{ MPa}} = 8,117$$

Vagyis a tartó kialakítása megfelelő.

A szerelt hajtásrendszer motor tartójának szélességi mérete a házban illesztett (75 H7/g6), ezáltal lehetséges a fogaskerekek és a fogasléc közötti foghézag beállítása. A motor tartó lemezt a házhoz 4 db M4x10 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral rögzítjük, illetve Schnorr alátéteket is alkalmazunk. A fogaslécet azok tartóihoz hasonló módon rögzítjük.

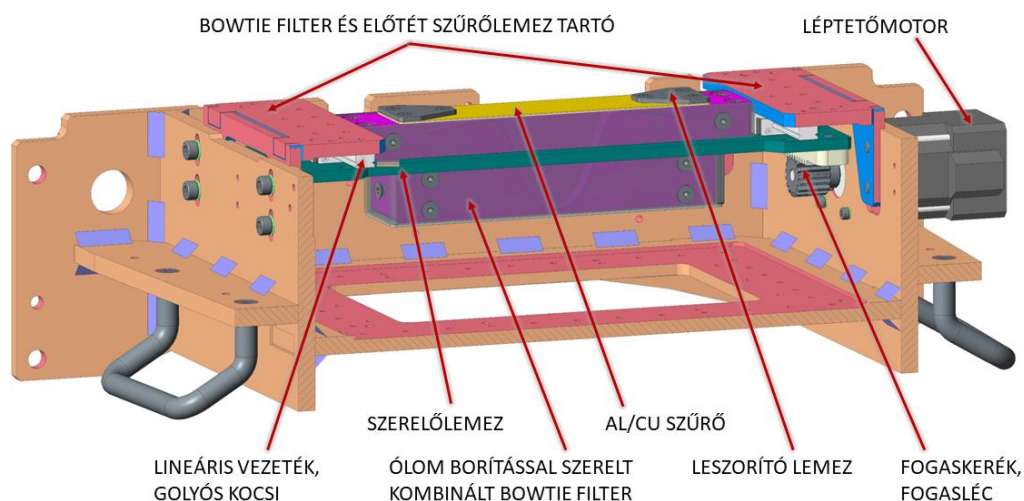
Az 1 mm vastagságú sík volfrám lemezek egyik végén 2 db illesztett méretű furat, másikon 2 db illesztett szélességű horony található. Mind a fogasléc tartókba, mind a távtartó tömbökbe Ø4x10 méretű illesztőszegeket helyezünk, melyeken keresztül pozicionáljuk a volfrám lemezeket. A lemezeket alumínium leszorító alkatrészek alkalmazásával oldalanként 3 db M3x8 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral rögzítjük.

A lemezeknek oldalirányban 62-62 mm-t kell megtenniük a teljesen nyitott állapot eléréséhez, a követelményjegyzékben megfogalmazottak szerint ezt 5 másodperc alatt kell megtenniük, vagyis a lemezek mozgási sebessége 12,4 mm/s.

9.4. Bowtie filter és előtét szűrőlemez

A szűrőegységek egy alfejezetben kerülnek részletezésre azok szoros egymásra épülése miatt.

A Cone- és a Fan szög állítás telepítését követően először a Bowtie filter-, majd az előtét szűrőlemez alegységeinek alkatrészeit rögzítjük a kollimátor házhoz.



9.14. ábra: Beépített Bowtie filter részegység (Forrás: saját ábra)

A két részegység egy, a 9.14. ábrán látható közös tartóval rendelkezik. Ezeknek az S235JR acéllemezekből összehegesztett, utómunkált, vegyi barnított konzoloknak a szélességi mérete a házban illesztett (112 H7/g6), mely azt a célt szolgálja, hogy a fogaskerék-fogasléc kapcsolat fogházagát be lehessen állítani. A kollimátor házhoz a tartókat egyenként 4 db M5x12 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral rögzítjük, a csavarfejek alá Schnorr alátéteket helyezünk.

Mind a Bowtie-filternél, mind az előtét szűrőlemeznél az előző alfejezetekben bemutatott HepcoMotion MLG9L lineáris vezetékét és golyós kocsit használjuk. A vezetékek hossza megegyezik a Cone szög állításnál alkalmazottal, 110 mm hosszúságúak. A vezetékek rögzítéséhez egyenként 6 db M3x6 méretű, 8.8 minőségű BK csavart alkalmazunk. A motor oldali vezeték oldalfelülete szintén illesztőszegeknek ütközik, így ez az oldal a vezető, a másik pedig az úszó lineáris csapágyazás.

A golyós kocsikra szereljük fel az 5 mm vastagságú, AlSi1MgMn alapanyagú, szintelen eloxált szerelőlemezt oldalanként 4 db M3x8 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral, a csavarok kúpos fejkialakítása pedig pozicionálja is azt. Erre a szerelőlemezezre kerül felszerelésre az ólomborítással szerelt kombinált Bowtie filter, valamint a hajtásátvitelről gondoskodó fogasléc is.

A Bowtie filter pontos alakja a 7. fejezetben taglaltak miatt a Diplomamunka készítésének idején még nem volt meghatározva, így a jövőben mérete, kialakítása minimálisan még változhat az itt bemutatotthoz képest. A teflon anyagú Bowtie filter helyzetét kettő darab Ø4x10 méretű illesztőszeggel történő pozicionálás biztosítja, valamint 4 darab M5x16 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral rögzítjük a szerelőlemezhez. A csavarkötéshez Schnorr alátétet nem alkalmazhatunk a teflon anyagon, így itt lapos-, illetve rugós alátétek kerülnek beépítésre a csavarfejek alá. A Bowtie filteren kapott helyet még a

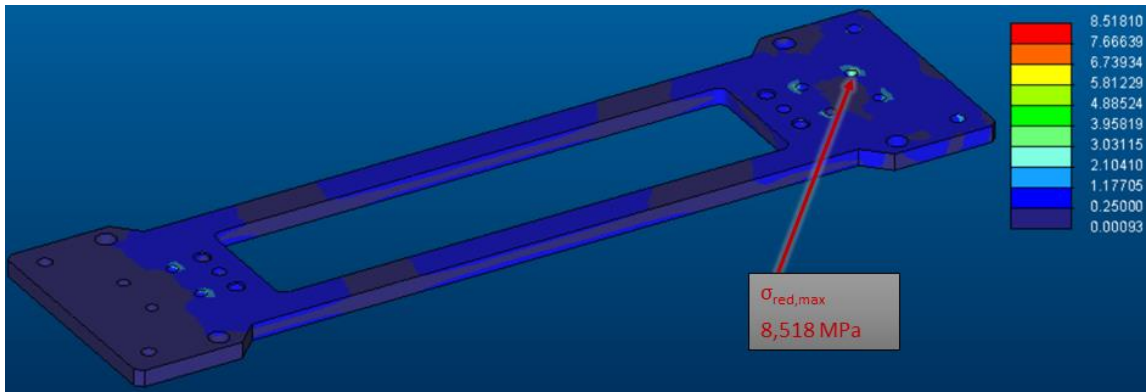
széria kollimátornál is alkalmazott Al/Cu szűrő is, ami egy 0,5 mm vastagságú alumínium-, illetve egy arra adhezív ragasztóval ragasztott 0,46 mm vastag réz fóliából tevődik össze. A két fóliát egy alumínium anyagú leszorító lemezzel rögzítjük a Bowtie filterhez 1-1 oldalon. A rögzítéshez oldalanként 3 db M3x6 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavart használunk. A szórt sugárzás csökkentése céljából a filtert ólomszigeteléssel kell ellátni. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy 1,5 mm vastagságú, DC01 anyagminőségű hajlított, horganyzott acéllemezekre 1,5 mm vastagságú PbSb4 keményólom lapokat ragasztunk epoxi-bázisú ragasztóval. Az így kapott ólommal ragasztott acéllemezeket pedig összesen 14 db M4x8 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavar segítségével rögzítjük a Bowtie-filter oldallapjaihoz.

A szimmetrikus kialakítású szerelőlemez motor felőli oldalára szereljük fel 2 db M5x12 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral a fogaslécet. A fogaskerék-fogasléc kapcsolat kialakításakor szintén a méretek minimalizálása volt az elsődleges cél, így jelen esetben is $m=1$ modullal, illetve 20° -os kapcsolószöggel rendelkezik a hajtás. A hajtó kerék fogszáma 17, míg a fogasléc összesen 70 mm hosszú. A filter mozgásigénye ennél kevesebb, összesen maximum 15-15 mm-t kell mozgatni a röntgenforrás középtengelyéhez képest egyik, vagy másik irányba attól függően, hogy gyermek, vagy felnőtt páciensű profilt kell alkalmazni. Minimális ráhagyással kialakítva, a fogazott szakaszt 38 mm hosszúságúra készítjük. A fogazott kapcsolat egyszerűsített fogazási táblázata a következő, 15. táblázatban található.

15. táblázat: Fogazási táblázatok a Bowtie filter hajtásrendszer esetében

	Hajtó fogaskerék	Hajtott fogasléc
Fogazati típus [-]	Elemi hengeres	Egyenes elemi
Modul [-]	1	1
Fogosztás [mm]	-	3,141
Fogsám [db]	17	-
Osztókör átmérő [mm]	17	-
Fejkör átmérő [mm]	19 h8	-
Lábhézag tényező [-]	0,25	0,25
Profilszög [°]	20	20

A kialakítás legkritikusabb eleme az alumínium szerelőlemez. A rászertelt Bowtie filter ugyan csak 1 kg, de a 150 RPM-el történő forgás, illetve a fogaskerékről átadódó kerületi erő miatt VEM vizsgálattal ellenőriztem a lemez merevségének elégségességét. Ehhez a 4-4 furaton keresztül lefogtam az alkatrészt és ráhelyeztem a terheléseket, melyet szintén abban a kritikus alsó holtponban vizsgáltam, ahol a tömegezők vektorai a gravitációs gyorsulás vektorával éppen megegyező irányba mutatnak. A vizsgálat eredménye a 9.15. ábrán látható.



9.15. ábra: Bowtie filter szerelőlemez VEM vizsgálata (Forrás: saját ábra)

A szűrőlemez anyagminősége AlSi1MgMn, mely adatlapja [17.7] szerint a minimális folyáshatár értéke 110 MPa. B=2 biztonsági tényezővel számolva az anyagra megengedett feszültség értéke:

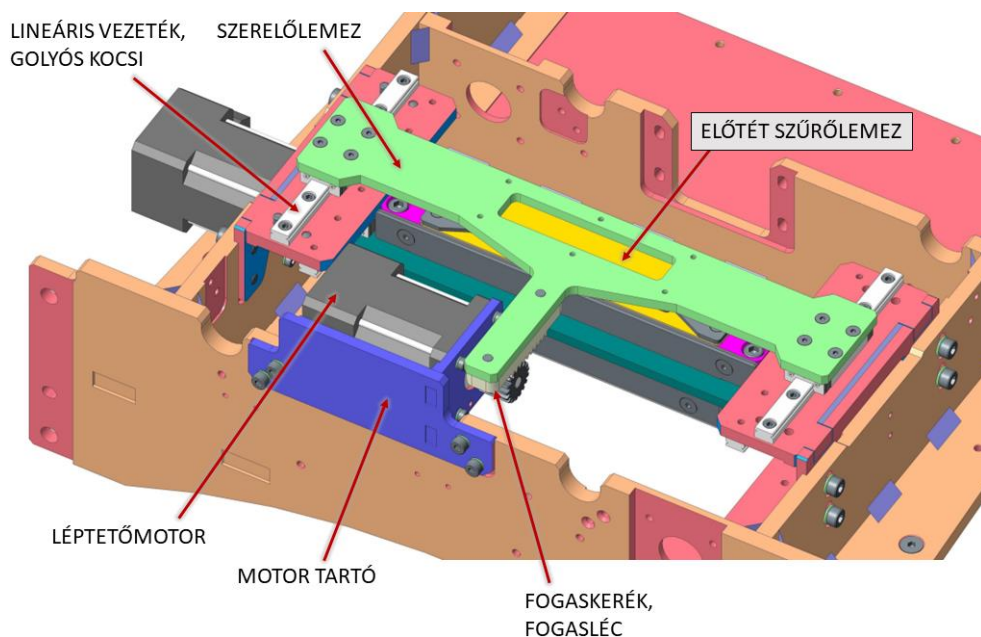
$$\sigma_{\text{meg}} = \frac{R_{p0,2,\text{min}}}{B} = \frac{110 \text{ MPa}}{2} = 55 \text{ MPa}$$

A VEM vizsgálat eredménye alapján a fellépő legnagyobb redukált feszültség nagysága 8,518 MPa volt. Ezáltal a megengedett feszültséghez viszonyított biztonsági tényező értéke:

$$n = \frac{\sigma_{\text{meg}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{55 \text{ MPa}}{8,518 \text{ MPa}} = 6,457$$

Vagyis a lemez kialakítása megfelel.

A szerelést az előtét szűrőlemez lineáris vezetőkeinek telepítése követi, melyeket a konzol felső síkjára rögzítünk (9.16. ábra). Ezen vezetőkek és kocsik a Bowtie filternél is alkalmazottak, rögzítési módjuk azzal teljesen megegyező.

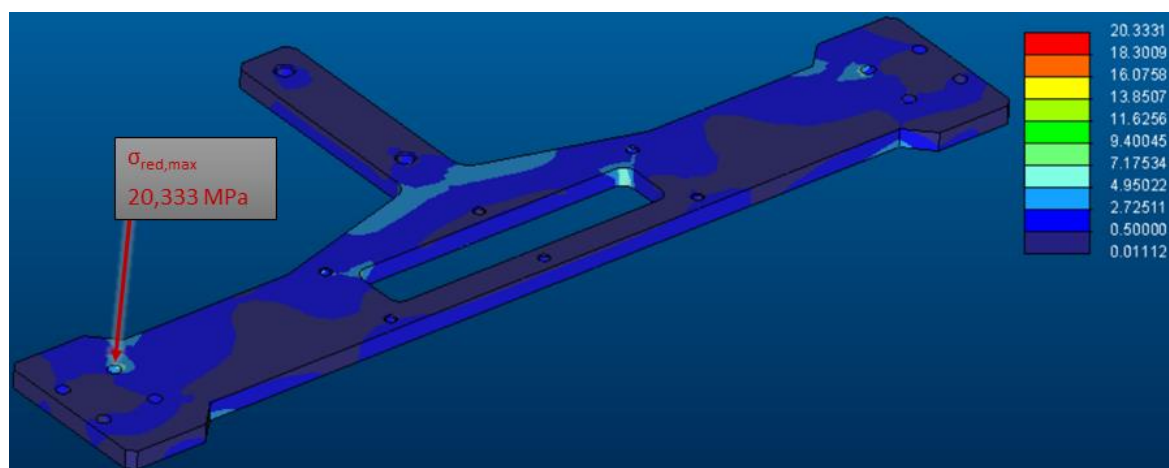


9.16. ábra: Beépített előtét szűrőlemez részegység (Forrás: saját ábra)

A golyós kocsikra egy 5 mm vastagságú, AlSi1MgMn anyagú, szintelen eloxált szerelőlemezt helyezünk, mely rögzítéséhez oldalanként 4 db M3x8 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavart alkalmazunk. Erre a szerelőlemezre kerül a tüdővizsgálatok esetében alkalmazandó előtét szűrőlemez felszerelésre. A szűrőlemez pontos vastagsága és anyagminősége a 7. fejezetben részletezettek alapján a Diplomamunka idején még nem volt definiálva, így a Bowtie filterhez hasonlóan, ennek kialakítása is változhat minimálisan a jövőben. A szűrőlemezt egy alumínium keret segítségével tudjuk a szerelőlemezhez rögzíteni. A szűrőlemezen átmenő furatok, az alumínium kereten pedig süllyesztett furatok találhatóak. Összesen 6 db M3x6 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral tudjuk a szűrőlemezt a szerelőlemezhez csavarozni.

A szerelőlemezen található még a hajtásátvitelt ellátó fogasléc is. A fogaskerék-fogasléc kapcsolat fogazási táblázata megegyezik a Bowtie filternél alkalmazottal, az egyedüli különbség a fogasléc hosszában keresendő, itt ugyanis 60 mm hosszúságú fogasléc kerül felszerelésre 2 db M5x12 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavar segítségével. Az előtét szűrőlemez esetében a mozgatott szakasz 20 mm (röntgensugárba be-, illetve kilépés), így kis ráhagyással, 30 mm hosszúságban készül a fogasléc fogazott része.

Az előtét szűrőlemez egységénél szintén a szerelőlemez a szilárdságilag legkritikusabb alkatrész, így azt a Bowtie filterhez hasonló módon VEM vizsgálattal ellenőriztem, mely eredménye a következő, 9.17. ábrán látható.



9.17. ábra: Előtét szűrőlemez szerelőlemez VEM vizsgálata (Forrás: saját ábra)

A vizsgálat során a keletkező maximális redukált feszültség értékére voltam kíváncsi. A terheléseket a lemezre helyezett tömegek, a fogaskerék-hajtásból adódó kerületi erő, illetve az állandósult állapotbeli szögsebesség, valamint gravitációs gyorsulás okozza. A szerelőlemez anyagminősége AlSi1MgMn, így a Bowtie filternél részletezettek alapján az anyagra megengedett feszültség értéke 55 MPa. A vizsgálat alapján a terhelések hatására

keletkező legnagyobb redukált feszültség értéke 20,333 MPa volt. A feszültségcsúcsához viszonyított biztonsági tényező:

$$n = \frac{\sigma_{\text{meg}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{55 \text{ MPa}}{20,333 \text{ MPa}} = 2,705$$

Vagyis a kialakítás szilárdságilag megfelelő.

A Bowtie filter esetében a hajtó léptetőmotor a kollimátor házra, az előtét szűrőlemez esetében egy S235JR anyagú acéllemezekből összehegesztett, utómunkált, vegyi barnított tartószerkezetre kerül rögzítésre 4 db M3x6 méretű, 08.8 minőségű BK csavar segítségével, melyekhez Schnorr alátéteket is alkalmazunk. A foghézag állítása a Bowtie filter esetében a szerelőlemezeket tartó acélszerkezetek állításával, míg az előtét szűrőlemez esetében a motor tartó acélszerkezet mozgatásával lehetséges. Mindkét esetben a tartószerkezetek szélességi mérete a házban illesztésre kerül (H7/g6).

A motor kiválasztása az előzőekben részletezett módon történt. A motortípusok számának redukálása céljából egyfajta motorral szerettem volna ellátni mind a Bowtie filter, mind az előtét szűrőlemez mozgatását. Ezáltal a motor méretezését elegendő volt a nagyobb terhelést jelentő Bowtie filter esetében elvégezni. Tervezőszoftver segítségével meghatároztam a mozgatandó terhet, valamint annak tömegközéppont távolságát a motortól: $m_{\text{max}}=1,25 \text{ kg}$, $k_{\text{max}}=14 \text{ mm}$. A motoroknak a Gantry forgása közben nem kell hajtaniuk, nem lép fel nyitás-irányú gyorsuláskomponens, így a méretezéshez a gravitációs gyorsulást elegendő volt figyelembe venni. Az így számított nyomatékszükséglet:

$$F_{\text{max}} = m_{\text{max}} \cdot g \tag{9.14}$$

$$F_{\text{max}} = 1,25 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 12,265 \text{ N}$$

$$M_{\text{max}} = F_{\text{max}} \cdot k_{\text{max}} = 12,265 \text{ N} \cdot 0,014 \text{ m} = 0,172 \text{ Nm}$$

Az alkalmazandó zárt-hurkú léptetőmotorok szintén a PrimoPal vállalattól kerülnek beszerzésre. Ilyen motorok közül a konstrukció fizikai méretkorlátai miatt 2 db Nema 17 jelzéssel ellátott motor közül volt lehetséges a választás.

A 16. táblázat tartalmazza ezeket a lehetőségeket, illetve a következő képlet alapján számolt biztonsági tényezőket is az adott motorok esetében.

$$n_{\text{mot},i} = \frac{M_{\text{tartó},i}}{M_{\text{max}}}$$

16. táblázat: Bowtie filter és előtét szűrőlemez motor lehetőségei (Forrás: [17.3])

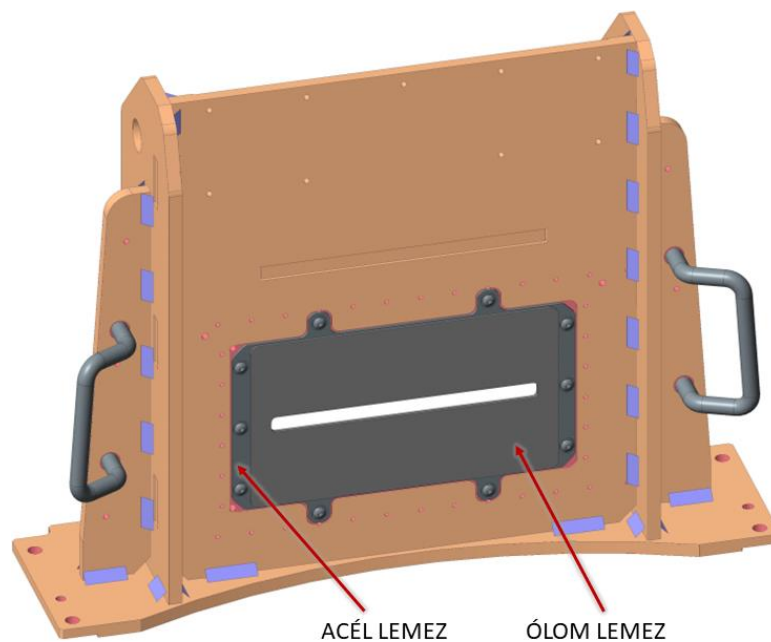
	Teljes beépítési hossz [mm]	Tartó nyomaték [Nm]	Biztonsági tényező [-]
PHSM42S37	55	0,3	1,744
PHSM42S51	69	0,5	2,907

Ezek alapján a PHSM42S51 jelzéssel ellátott léptetőmotor került kiválasztásra, mivel ezen motor alkalmazása mellett a biztonsági tényező 2,5 érték felett alakul. A motor lépésszöge 1,8°, ami számunkra kellő pontosságot biztosít a szűrőegységek pozicionálásához.

A beépített fogaslécok anyaga egységesen 16MnCr5 betétben edzhető acél, felületkezelésük vegyi barnítás. A fogfelületeket cementálni is szükséges 0,3 mm mélységben, majd edzeni 55 HRC keménységűre.

9.5. Ólomárnyékolás

A szórt sugárzás további minimalizálása miatt a megtervezett kollimátor egységet ólomárnyékolással kell ellátni. Ennek tervezett kialakítása látható a következő, 9.18. ábrán.



9.18. ábra: Kollimátor egység ólomárnyékolása (Forrás: saját ábra)

Az árnyékolás megvalósítása a Bowtie filternél bemutatottal megegyező: 1,5 mm vastagságú PbSb4 keményólom lapot ragasztunk epoxi-bázisú ragasztóval a hordozó 1,5 mm vastagságú, DC01 anyagminőségű horganyzott acéllemezre, mely rögzítésével a ház alsó lemezén található kivágást tudjuk lezárni. Mindkét lemezen található közepén egy azonos méretű kivágás, melyet úgy kellett kialakítani, hogy a Fan- és Cone szögek véghelyzetei

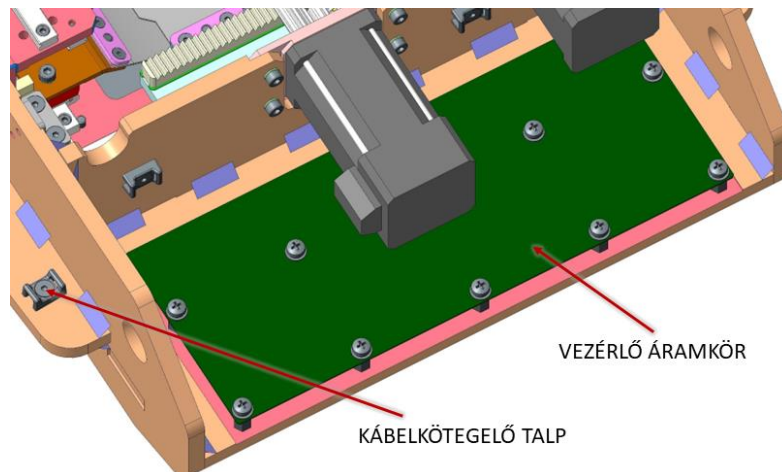
esetén is ki tudjanak lépni a röntgensugarak. Az acéllemez rögzítése 10 db M4x6 méretű, 10.9 minőségű „D” fejű, peremes BK csavar segítségével történik.

Fontos kiemelni, hogy a kidolgozott árnyékolás az egység optimális működéséhez szükséges elméleti minimális mennyiség. További árnyékoló lemezek beépítésére kerülhet sor a jövőben, ennek szükségessége azonban csak a kollimátor beépítése és vele történő mérések elvégzése után fog kikristályosodni.

9.6. Elektronikai egységek gépészeti tervezése

Ahogy arról már korábban szó esett, a logikai vezérlés, elektronikai tervezés nem része a Diplomamunkának, vannak azonban olyan elektronikai egységek, melyek helyigényével a mechanikai fejlesztés során számolni kellett. Ezek bemutatása következik.

Az első ilyen nagyobb elektronikai egység a vezérlő nyomtatott áramkör, ami a következő, 9.19. ábrán is látható.



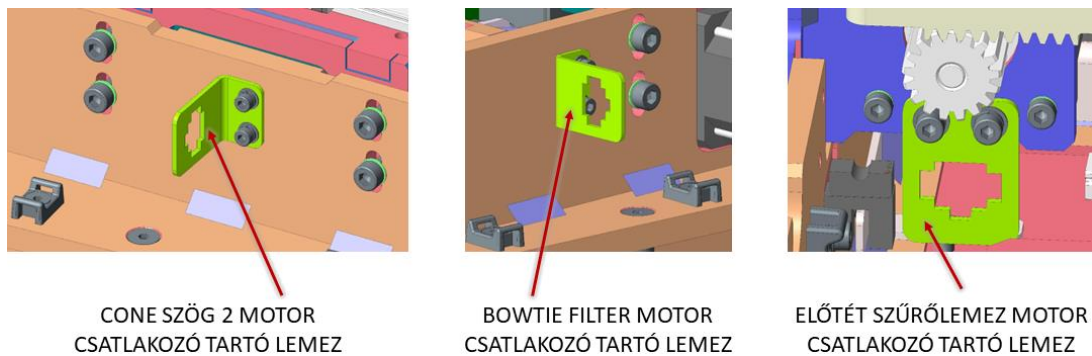
9.19. ábra: Kollimátor egység vezérlő áramköre (Forrás: saját ábra)

A Diplomamunka készítésének idején ennek elektronikai tervezése még nem történt meg. Ezen a nyomtatott áramkört helyezkednek majd el a kollimátor egységen belül használt elektronikai eszközök (motorok, enkóderek, szenzorok, stb.) csatlakoztatási lehetőségei, a Gantry fő elektronikai vezérlőjével pedig kábel(ek) segítségével lesz összeköttetésben. A nyomtatott áramkört külső-belső menetes M4 méretű acél távtartókkal emeljük el a kollimátor háztól, majd azokhoz M4x6 méretű, 4.8 minőségű, lapos alátéttel ellátott keresztornyos, „D” fejű csavarokkal rögzítjük.

A kábelek precíz elvezetéséről is gondoskodni kell, hiszen, ha egy kábel a 150 RPM-el történő forgás közben elszabadul és a forgó Gantry valamely egységébe esetleg beakad, annak katasztrofális következményei is lehetnek. Forgó egységek kábelezésekor csavarozható kábelkötegelő talpakat alkalmazunk, melyeket jelen esetben M4x6 méretű, 08.8

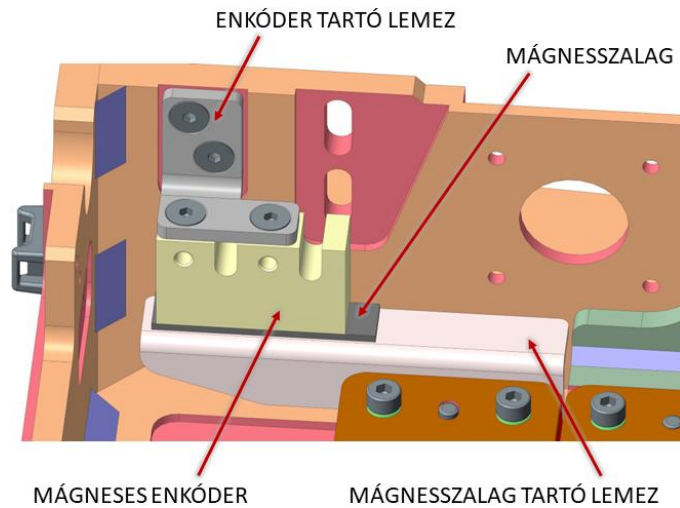
minőségű, horganyzott SF BK csavarokkal rögzítünk (9.19. ábra). A kábeleket, kábelkorbácsokat pedig kábelkötegelők segítségével az ezeken a talpakon található füleken keresztül rögzítjük.

Gondoskodni kellett mechanikai szempontból a motorok kábelezéséről is. A motorok katalógusa ([17.3], [17.4]) alapján ugyanis azok 320, illetve 350 mm hosszúságú vezetékkel érkeznek. Ez a vezérlő áramkörhöz közel elhelyezkedő 2 db motor (Cone 1, Fan) esetében elegendő hosszúságú, viszont a többi esetben nem. Ilyenkor azt a megoldást szoktuk alkalmazni, hogy a motor saját kábelét adott hosszúságúra visszavágjuk és lemezbe pattintható kivitelű (jellemzően Molex) csatlakozóval látjuk el őket. A csatlakozó tartó lemezekről a vezérlő PCB-ig menő toldó kábeleket pedig a motorok kábeleire szerelt csatlakozók ellendarabjaival készítjük el. Ilyen csatlakozó tartók láthatók a 9.20. ábrán. Ezen lemezek 1,5 mm vastagságúak, DC01 anyagminőségűek és horganyzott kivitelűek. A lemezeket lapos- és rugós alátétekkel szerelt 2-2 db M3x6 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral rögzítjük.



9.20. ábra: Motor kábel csatlakozó tartó lemezei (Forrás: saját ábra)

A zárt-hurkú motorok beépített enkóderrel vannak ellátva, viszont a Cone szögek mozgását ellátó lineáris léptetőmotorokhoz nincs ilyen opció, így ezek esetében gondoskodni kellett lineáris enkóderek beépítéséről. A távtartó tömbökre hajlított acéllemezek kerülnek előzetesen felszerelésre, melyekre aztán mágnesszalagokat ragasztunk (9.21. ábra). A kollimátor házra egy hajlított, 3 mm vastagságú, S235JR anyagminőségű, horganyzott acéllemezt rögzítünk 2 db M4x8 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral. Erre kerül felszerelésre hasonló módon a lineáris mágneses enkóder. Az enkóder [17.8] adatlapja szerint az optimális működéshez a mágnesszalag és a mágneses enkóder között maximum 1 mm rés lehetséges. Lineáris pozíciómérésnél érdemes mindig közvetlenül a lineárisan mozgatott alkatrész elmozdulását mérni a motor fordulatai helyett, hiszen az áttételekből, mechanikai veszteségekből adódóan eltérések alakulhatnak ki a forgó motor és a mozgatott alkatrész között.

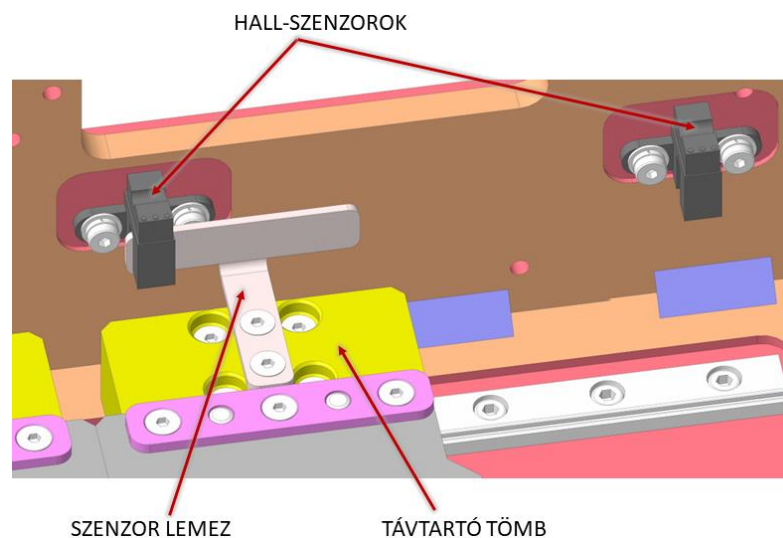


9.21. ábra: Cone szög állítás lineáris enkódere (Forrás: saját ábra)

A lineáris enkóder beszerelését természetesen a másik oldali Cone szög állító motor esetében is el kell végezni.

Az utolsó kidolgozandó feladat a Fan- és Cone szöget állító volfrám lemezek „Home” pozícióinak beállíthatóságának megoldása volt. Home-olásnak nevezzük azt a folyamatot, amikor a lemezek visszatérnek „0” (kiinduló) állapotukba, vagyis teljesen összezárnak. Ugyan enkóderekkel is meg lehetne oldani azok Home pozícióra ugrását, viszont célszerűbb dedikáltan erre a funkcióra alkalmazott megoldásokat kialakítani, mely jelen esetben Hall-szenzorok beépítését jelentette.

Mivel a Fan szög állítás szimmetrikusan történik, elegendő csupán az egyik mozgatott lemez esetében Hall-szenzort telepíteni. A kialakítás a 9.22. ábrán látható.

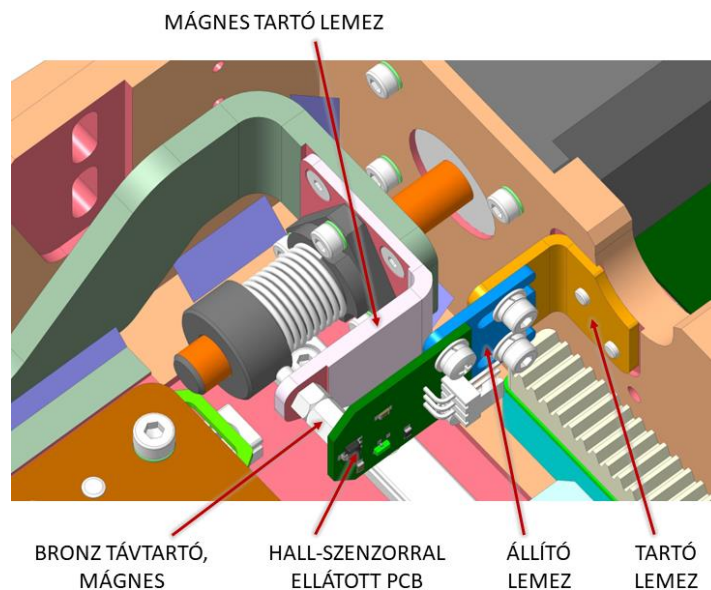


9.22. ábra: Fan szög állító volfrám lemezek „Home”-olása (Forrás: saját ábra)

A távtartó tömbre 2 db M3x6 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral felszerelünk egy DC01 anyagminőségű, horganyzott, 1,5 mm vastagságú hajlított acéllemezt. A kollimátor házra pedig 2 db (korábbi tapasztalatok alapján kiválóan működő) Honeywell SR17C-J6

kódú Hall-szenzort szerelünk, mely a hajlított lemez mágneses mezejét érzékeli. A rögzítéshez laposfejű, M3x8 méretű, 08.8 minőségű BK csavart, illetve lapos- és rugós alátéteket alkalmazunk. A kettő darab szenzor beépítésével könnyedén biztosítani tudjuk a teljesen összezárt és a teljesen nyitott pozícióra való ugrást is.

A Cone szög esetében pedig egy külső-belső menetes, bronz anyagú, kimunkált távtartóba mágneskorongot ragasztunk, a távtartót pedig a mágnes tartó lemezre szereljük. A mágnes pozícióját a következő, 9.23. ábrán látható módon egy nyomtatott áramkörre szerelt Hall-szenzorral tudjuk érzékeltetni és ezáltal lehetséges az összezárt véghelyzetre való ugrás is. Cone szög esetében nem beszélhetünk teljesen nyitott véghelyzetről, hiszen ezt dinamikusán kell tudnunk állítani.



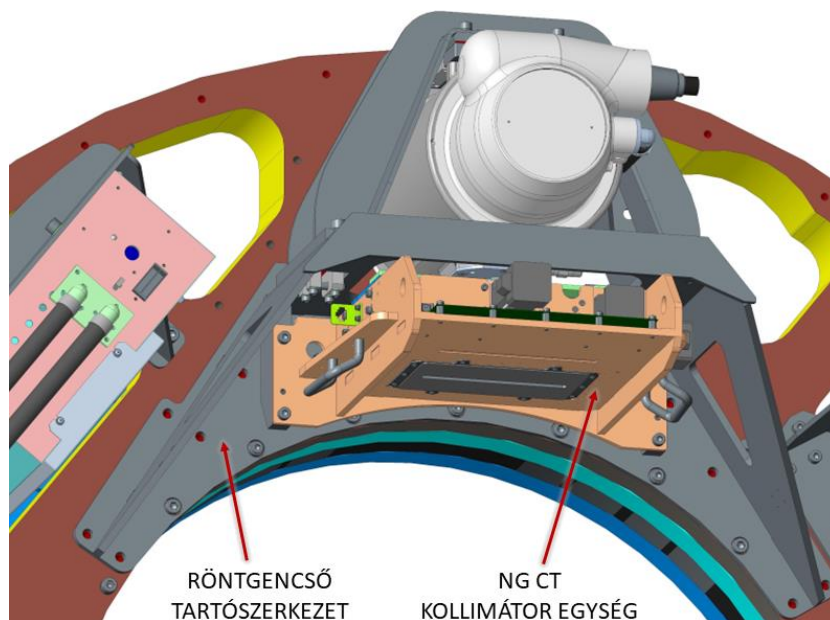
9.23. ábra: Cone szög állító volfrám lemezek „Home”-olása **(Forrás: saját ábra)**

A nyomtatott áramkört egy hornyokkal ellátott állító lemez segítségével tudjuk megfelelő pozícióba mozgatni, melyet egy fix tartó lemezhez rögzítünk. A fix lemezt a házhoz 2 db M3x10 méretű, 08.8 minőségű SF BK csavarral, az állító lemezt a fix lemezhez 2 db M3x6 méretű, 8.8 minőségű BK csavarral, illetve a PCB-t az állító lemezhez 2 db M3x6 méretű, 4.8 minőségű, keresztornyos, „D” fejű csavarral szereljük. Utóbbiak esetében lapos- és rugós alátéteket is alkalmazunk. A teljes szerelést mindkét oldalon el kell végezni.

9.7. A Gantry-re szerelt NG kollimátor egység

Az előző alfejezetekben részletesen bemutatott, megtervezett kollimátor egységet Gantry-re szerelve a 9.24. ábrán lehet megtekinteni. A röntgenszó fix tartószerkezetén végül nem kellett módosítanom, a tervezett készülék rögzítéséhez a széria kollimátornál alkalmazott furatok felhasználhatók.

Az összeszerelt, kábelezett NG kollimátor egységet 2 db $\text{Ø}6 \times 16$ méretű illesztőszeg segítségével tudjuk a helyére pozícionálni, majd 4 db $\text{M}8 \times 25$ méretű, 8.8 minőségű, BK csavarral rögzíteni a röntgenső tartószerkezetéhez. A csavarkötésekhez Schnorr alátéteket is alkalmazunk.



9.24. ábra: NG CT kollimátor beépítve (Forrás: saját ábra)

A kisebb méretű, kollimátor házon belül használt csavarokat nem szükséges nyomatékra húzni, viszont a szerelt kollimátor egységet rögzítő $\text{M}8$ -as csavarokat igen. Az előírt meghúzási nyomaték értékét a [15] forrás ajánlott irányelveit, valamint a Mediso vállalati előírásait [10] figyelembe véve 25 Nm-ben határoztam meg.

10. TOVÁBBFEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Munkám eredményeként megtervezésre került egy újgenerációs CT berendezés kollimátor egysége, mely segítségével a röntgensugarat mind „X”, mind „Z” irányban, a követelményjegyzéket mindenben kielégítő módon kollimálni lehetséges.

Ahogy arról korábban említést tettem, a Diplomamunka készítésének idején a Gantry számos főbb részegysége még tervezés alatt áll, így pl. a páciens pozíciójának meghatározására szolgáló lézerek tartói is lehetséges, hogy a kollimátorhoz kerülnek majd rögzítésre, melyek plusz furatokat igényelhetnek. Valamint némely alkatrész végleges kialakítása csak a jövőben fog eldőlni; CT fizikus kollégáim a Diplomamunka befejezését követően -ahogy kapacitásaik engedik- fogják tudni meghatározni a Bowtie filterek szükséges profiljait, illetve az előtét szűrőlemez anyagminőségét, elektromos tervező kollégáimnak pedig a vezérlő panelt, illetve a kábelezést kell véglegesíteniük. Ezek miatt a jövőben még szükség lehet a tervek módosítására.

A változtatások elvégzését követően következhet az alkatrészejek elkészítése, beépítési rajzok frissítése, árajánlatok kérése, majd az alkatrészek gyártásba küldése.

A prototípus kollimátor egység gyártására és megépítésére várhatóan 2024. év első, vagy legkésőbb második negyedében kerülhet sor. A prototípusok összeszerelését általában az azokat tervező személyek műveztik, vagy optimális esetben saját maguk is végzik, hogy a szerelés közben tapasztaltak alapján amennyiben szükséges, a konstrukción további jobbításokat, egyszerűsítéseket tudjunk eszközölni.

Az egység beépítése után rendszertesztelő kollégáim által egy hosszabb tesztelési, bemérési fázis vár az akkor már kollimátorral szerelt NG CT-re. Ebben az időszakban fog többek között arra is fény derülni, hogy szükséges-e további ólomárnyékolás(ok) beépítése.

Az egység finomhangolását, alapos járatását követően pedig, ha szériába vezetésre alkalmasnak ítéltetik, valamint a vállalat felső vezetése is úgy dönt, a kollimátor házat a szériagyártáshoz jobban illeszkedő önthető kialakításúra lehet alakítani.

11. MAGYAR NYELVŰ TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ

Diplomamunkámban egy hazai orvostechnikai képalkotó berendezéseket gyártó vállalat, a Mediso Kft. újgenerációs CT gépének egyik fő elemével, az úgynevezett kollimátor egységgel foglalkoztam. A fejlesztés során megtervezésre került az egység háza, valamint annak ólomárnyékolása, a Fan- és Cone szög állítás, a Bowtie filterek és a tüdővizsgálatoknál alkalmazott előtét szűrőlemez, illetve ezek hajtásrendszere.

Munkám első részében röviden ismertettem a főbb klinikai képalkotó eljárásokat, azon belül is főként a komputertomográfiára koncentrálva. Bemutatásra kerültek a CT berendezések kialakítási lehetőségei, ezen gépek használatának fontosabb előnyei és hátrányai, valamint a tudomány ezen területén használatos főbb tengelyek és szögek. A kollimátorok fő funkciója, különböző képalkotó berendezésekben betöltött szerepe is ismertetésre került.

Bemutattam a témaadó vállalatot, valamint annak széria CT berendezését és kollimátorát, illetve a konkurens cégek által alkalmazott néhány főbb kollimálási megoldást.

Ismertettem a tervezendő egység pozícióját az újgenerációs CT Gantry-n, majd elkészítettem annak Követelményjegyzékét.

Az egyes megtervezendő alegységek kialakítására több koncepciót is kidolgoztam, melyek közül pontozásos alapon kerültek kiválasztásra az optimális változatok.

Az egyes alegységek gépészetének megtervezési folyamatát azok telepítési sorrendjében mutattam be, részletezve az egyes alkatrészek kialakítását, anyagminőségét, a teherviselő elemek analitikus, vagy végeselemes szilárdsági ellenőrzését is. Ismertettem továbbá az egyes gépelemek rögzítéséhez alkalmazott kötőelemeket, az összeszerelésük és telepítésük konkrét lépéseit.

Munkám a megtervezett kollimátor egység eredményeinek értékelésével, annak prototípus gyártásának indítási körülményeinek mérlegelésével, illetve esetleges továbbfejlesztési lehetőségeivel zárult.

12. ANGOL NYELVŰ TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ (SUMMARY)

During my thesis I have been working on one of the main elements of a new generation CT equipment, the collimator unit, for a domestic medical imaging equipment company, Mediso Ltd. As a result of the development process, I successfully finished the designing of the main housing of the collimator unit along with its lead shielding, the Fan- and Cone angle adjustment, the Bowtie filters and the additional filter used for lung screenings, including their driving system.

In the first section of my work I presented the most important medical imaging technologies being used for clinical purposes, mainly focusing on the computed tomography. I explained the design possibilities of the CT scanners, the advantages and the disadvantages of using such machines, and demonstrated the main axes and angles used in this field of science. The main functions of the collimators and their role in various medical imaging devices were also described.

Additionally, I also discussed about Mediso, presented their current CT scanner and collimator unit, and some of the collimation solutions used by competing companies.

I showed the position of the unit to be designed in the new generation CT Gantry and determined the Requirements List for the designing process.

I developed several concepts for the design of each sub-unit, from which the optimal versions were selected on a scoring basis.

The mechanical designing process of the individual sub-units was thoroughly described based on the order of their installation, detailing the design and material quality of the parts as well as the analytical or finite element analysis of the load-bearing elements. I also wrote about the elements which are used to fasten the components of the sub-units and the specific steps of their assembly and installation.

My work was concluded with the evaluation of the results of the designed collimator unit, the initial processes to be fulfilled before the prototype manufacturing and potential development possibilities in the future.

13. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Balkay L. (2019): *Orvosi leképezéstechnika*. Debreceni Egyetem, Digitális Tankönyvtár, TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0019
- [2] Balkay L., Hegyesi Gy., Imrek J., Kertész Zs., Lajtos I., Kalinka G., Mohácsi I., Molnár J., Valastyán I. (2010): *Nukleáris képalkotás 1*. Debreceni Egyetem, Jegyzet
- [3] Bogner P. (2014): *Az orvosi képalkotás fizikája*. Budapest: Medicina Könyvkiadó Zrt., TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0106
- [4] Emri M. (2019): *Orvosi képfeldolgozás*. Debreceni Egyetem, Digitális Tankönyvtár, TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0019
- [5] Nett B.: *Illustrated comparison of CT Scan Modes [axial, helical, wide-cone axial, low pitch, high pitch] for Radiologic Technologists*. Letöltés dátuma: 2023.04.29. 12:59. Forrás: <https://howradiologyworks.com/14040-2/>
- [6] Pahl G., Beitz W. (1981): *A géptervezés elmélete és gyakorlata*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó
- [7] Toth T. L., Bromberg N. B., Pan T., Rabe J., Woloschek S. J., Li J., Seidenschnur G. E. (2000): A dose reduction x-ray beam positioning system for high-speed multislice CT scanners. *Medical Physics*, Vol. 27. No. 12. DOI: [10.1118/1.1323983](https://doi.org/10.1118/1.1323983)
- [8] Weninger Cs. (2019): 100 éve született a Nobel-díjas Godfrey Hounsfield, a CT-diagnosztika atyja. *Orvosi Hetilap*, 160. évfolyam, 51. szám. DOI: [10.1556/650.2019.HO2643](https://doi.org/10.1556/650.2019.HO2643)
- [9] Qi Z.: *X-ray Imaging: Computed Tomography*. Letöltés dátuma: 2023.07.17. 18:19. Forrás: <https://musculoskeletalkey.com/x-ray-imaging-computed-tomography/>
- [10] Mediso vállalati adatbázis
- [11] Mediso vállalat honlapja. Utolsó látogatás dátuma: 2023.03.25. 18:27. Forrás: <https://mediso.com/global/hu/about>
- [12] HepcoMotion lineáris vezeték katalógus. Letöltés dátuma: 2023.09.16. 15:44. Forrás: <https://www.hepcotion.com/products/linear-guides/>
- [13] IGUS DryLin katalógusok. Letöltés dátuma: 2023.09.08. 22:13. Forrás: <https://www.igus.com/info/drylin-linear-guides-overview>
- [14] PrimoPal léptetőmotor katalógusok. Letöltés dátuma: 2023.09.17. 16:59. Forrás: <https://www.primopal.com/hybrid-stepper-motors.html>
- [15] Frischherz A., Dax W., Gundelfinger K., Häffner W., Itschner H., Kotsch G., Staniczek M. (1997): *Fémtechnológiai táblázatok*. Budapest: B+V Lap- és Könyvkiadó Kft.

14. ÁBRAJEGYZÉK

- 2.1. ábra: Néhány ismertebb képalkotó eljárással készített orvosi kép
- 2.2. ábra: Anatómiai, funkcionális és fúziós képalkotással nyert képek
- 2.3. ábra: Planáris röntgen vizsgálat elve
- 2.4. ábra: Az MRI berendezések elvi kialakítása
- 2.5. ábra: A CT vizsgálatok alapelve
- 2.6. ábra: CT generációk
- 2.7. ábra: Legyezősugaras és képsugaras CT elvi kialakítása
- 2.8. ábra: A pitch hatása a kapott eredményre
- 2.9. ábra: CT berendezések fontosabb tengelyei és szögei
- 2.10. ábra: Kollimátorok szerepe SPECT (bal oldal), illetve röntgen (jobb oldal) berendezések esetében
- 3.1. ábra: A Mediso Kft. klinikai termékportfóliója (Balról jobbra haladva: páciens vizsgáló ágy, SPECT, CT, PET)
- 3.2. ábra: A Mediso Kft. széria CT modalitásának kialakítása
- 3.3. ábra: A Mediso Kft. szerelt CT kollimátora
- 3.4. ábra: A kollimátor egység hajtáslánca
- 3.5. ábra: Bowtie filter beépítés
- 3.6. ábra: A kollimátor egység szerelésének folytatása
- 3.7. ábra: A kollimátor egység felszerelése a Gantry forgó gyűrűjére
- 3.8. ábra: A hasított lemez pozíciójának finombeállítása
- 4.1. ábra: Siemens Somatom Emotion 6 CT kollimátora
- 4.2. ábra: Philips CT kollimátor
- 4.3. ábra: Philips BV300 planáris röntgenkamera kollimátora
- 4.4. ábra: GE Helios kollimátor
- 4.5. ábra: GE Helios kollimátor működési elve
- 5.1. ábra: Az NG CT berendezés Gantry-je a Diplomamunka készítésének idején
- 5.2. ábra: Az NG CT röntgenső beépítési környezete
- 7.1. ábra: Az egyes részegységek logikai sorrendje
- 7.2. ábra: Szűrőlemez I. koncepció: beépítés
- 7.3. ábra: Szűrőlemez I. koncepció: elvi kialakítás
- 7.4. ábra: Szűrőlemez II. koncepció: elvi kialakítás
- 7.5. ábra: Egy tömbből kialakított kombinált profilú Bowite filter
- 7.6. ábra: Bowtie filter I. koncepció: elvi kialakítás

- 7.7. ábra: Bowtie filter II. koncepció: elvi kialakítás
- 7.8. ábra: Fan szög állítás elve
- 7.9. ábra: Fan szög állítás I. koncepció: elvi kialakítás
- 7.10. ábra: Fan szög állítás II. koncepció: elvi kialakítás
- 7.11. ábra: Fan szög állítás II. koncepció: hajtásátvitel és menetirányok
- 7.12. ábra: Síklemezek használata Cone szög állításához
- 7.13. ábra: Cone szög állítás I. koncepció: elvi kialakítás
- 7.14. ábra: Cone szög állítás II. koncepció: elvi kialakítás
- 7.15. ábra: Igus DryLin termékek
- 7.16. ábra: Lineáris sín és kocsi
- 9.1. ábra: Elektronikával készre szerelt NG CT Kollimátor
- 9.2. ábra: „Fűrészfog” kialakítású lemezek
- 9.3. ábra: Utómunkált kollimátor ház
- 9.4. ábra: Fogantyús kialakítás
- 9.5. ábra: Kollimátor ház VEM vizsgálata (1)
- 9.6. ábra: Kollimátor ház VEM vizsgálata (2)
- 9.7. ábra: Beépített Cone szög állító részegység
- 9.8. ábra: MLG9L lineáris vezeték és golyós kocsi adatlap
- 9.9. ábra: Szerelt, utómunkált volfrám lemez egység
- 9.10. ábra: Beépített Fan szög állító részegység
- 9.11. ábra: Fan szög állítás előre összeszerelhető hajtásrendszere
- 9.12. ábra: Fogasléc beépítési környezete
- 9.13. ábra: Fogasléc tartó VEM vizsgálatának eredménye
- 9.14. ábra: Beépített Bowtie filter részegység
- 9.15. ábra: Bowtie filter szerelőlemez VEM vizsgálata
- 9.16. ábra: Beépített előtét szűrőlemez részegység
- 9.17. ábra: Előtét szűrőlemez szerelőlemez VEM vizsgálata
- 9.18. ábra: Kollimátor egység ólomárnyékolása
- 9.19. ábra: Kollimátor egység vezérlő áramköre
- 9.20. ábra: Motor kábel csatlakozó tartó lemezei
- 9.21. ábra: Cone szög állítás lineáris enkódere
- 9.22. ábra: Fan szög állító volfrám lemezek „Home”-olása
- 9.23. ábra: Cone szög állító volfrám lemezek „Home”-olása
- 9.24. ábra: NG CT kollimátor beépítve

15. JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

2. fejezet

Jelölés	Megnevezés	Mértékegység	Hivatkozás
p	Pitch	-	2.1
FOV	Field of View, szeletvastagság	mm	2.1

9. fejezet

Jelölés	Megnevezés	Mértékegység	Hivatkozás
σ_{meg}	Megengedett feszültség	MPa	9.1
$R_{p0,2,min}$	Anyag folyáshatárának minimális értéke	MPa	9.1
B	Anyagra vonatkozó biztonsági tényező	-	9.1
n	Számolt biztonsági tényező	-	9.2, 9.12
a_n	Gyorsulás normál irányú összetevője	m/s^2	9.3
R	Gantry közepétől a mozgatandó teher tömegközéppontjáig mért távolság	m	9.3, 9.7
ω	Szögsebesség	rad/s	9.3
a_R	Gyorsuláskomponensek eredője	m/s^2	9.4, 9.8
g	Nehézségi gyorsulás	m/s^2	9.4, 9.8, 9.14
F_{max}	Maximális terhelőerő	N	9.5, 9.9, 9.14
m_{max}	Maximális mozgatandó teher	kg	9.5, 9.9, 9.14
n_{mot}	Motorra számolt biztonsági tényező	-	9.6, 9.10
$F_{terhelhető}$	Motor katalógus szerinti terhelhetősége	N	9.6
a_t	Gyorsulás tangenciális összetevője	m/s^2	9.7
ε	Szöggyorsulás	rad/s^2	9.7
M_{max}	Maximális terhelő nyomaték	Nm	9.9
k_{max}	Motor középtengely és teher tömegközéppont távolsága	m	9.9
$\tau_{cs,max}$	Maximális csavaró feszültség	MPa	9.11, 9.12
T	Csavaró nyomaték	Nmm	9.11, 9.13
I_p	Poláris másodrendű nyomaték	mm^4	9.11
r_{max}	Kör keresztmetszet sugara	mm	9.11
τ_{meg}	Megengedett feszültség csavarásra	MPa	9.12
F_{ker}	Kerületi erő	N	9.13
r_w	Gördülőkör sugár	mm	9.13

16. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Itt ragadnám meg a lehetőséget, hogy köszönetemet fejezzem ki mindenkinek, aki valamely módon hozzájárult a Diplomamunka színvonalának növeléséhez. Az egyetem részéről szeretnék Dr. Kátai László tanár úrnak köszönetet mondani, hogy a témavezetést elvállalta és hasznos tanácsaival nagymértékben segítette a Diplomamunka elkészülését. Köszönettel tartozom munkahelyem, a Mediso Kft. számos kollégájának, többek között konzulensemnek, Támcsu Zsoltnak és csoportvezetőmnek, Kováts Tibornak, hogy jobbító ötleteikkel, tapasztalataikkal támogatták a tervezés folyamatát.

De legfőképp menyasszonyomnak tartozom hálával, amiért az MSc képzés alatt végig támogatott engem az élet minden területén, nélküle nem csupán ez a Diplomamunka nem készülhetett volna el, de a tárgyak sikeres abszolválása is kétséges lett volna. Köszönök mindent.

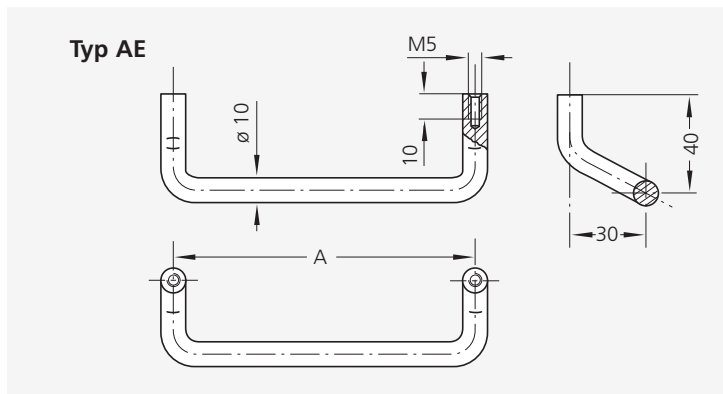
17. MELLÉKLETEK

- [17.1] Fogantyú adatlap (Rohde)
- [17.2] S235JR anyagminőség adatlap (Loksacél)
- [17.3] Lineáris léptetőmotor katalógus kivonat (PrimoPal)
- [17.4] Zárt-hurkú léptetőmotor katalógus kivonat (PrimoPal)
- [17.5] 42CrMo4+QT anyagminőség adatlap (Loksacél)
- [17.6] „Miniature” lineáris vezeték katalógus kivonat (HepCo Motion)
- [17.7] AlSi1MgMn anyagminőség adatlap (Nedal Aluminium)
- [17.8] Mágneses lineáris enkóder adatlap (Klavio)
- [17.9] Hall-szenzor adatlap (Honeywell)
- [17.10] Fan szög állítás beépítési rajza (CB-08-62-00)
- [17.11] Cone szög állítás beépítési rajza (CB-08-63-00)
- [17.12] Bowtie filter beépítési rajza (CB-08-64-00)
- [17.13] Előtét szűrőlemez beépítési rajza (CB-08-65-00)
- [17.14] Ólomárnyékolás beépítési rajza (CB-08-66-00)
- [17.15] Elektronikai egységek beépítési rajza (CB-08-67-00)
- [17.16] NG CT kollimátor egység beépítési rajza (CB-08-03-00)



Aluminium-Bügelgriffe in größeren Ausführungen s. S. 132, 133.
Aluminium bow type handles in larger versions see page 132, 133.

Clean Line Ausführung s. S. 244.
Clean Line version see page 244.



**Eloxalausführung
Anodizing version**

Economy

A*	naturfarben natural colour	schwarz black	silber silver	schwarz black
Bestell-Nr. Order no.	Bestell-Nr. Order no.	Bestell-Nr. Order no.	Bestell-Nr. Order no.	Bestell-Nr. Order no.
86	AE-10.086.01	AE-10.086.04	AE-10.086.9006	AE-10.086.54
120	AE-10.120.01	AE-10.120.04	AE-10.120.9006	AE-10.120.54
140	AE-10.140.01	AE-10.140.04	AE-10.140.9006	AE-10.140.54
160	AE-10.160.01	AE-10.160.04	AE-10.160.9006	AE-10.160.54
180	AE-10.180.01	AE-10.180.04	AE-10.180.9006	AE-10.180.54

*Andere Griffängen auf Anfrage / Other handle lengths on request

Griffserie AE

Werkstoff und Oberfläche:
 Rundaluminium $\varnothing 10$ mm, AlMgSi 0,5. Bei Griffserie RA Oberfläche glaskugelgestrahlt und halbgänzend naturfarben oder schwarz eloxiert. Alternativ silber oder schwarz pulverbeschichtet.

Tragkraft:
 min. 500 N

Hinweis:
 Beliebige andere Abmessungen auf Anfrage.

Handle Series AE

Material and surface:
 Round bar aluminium $\varnothing 10$ mm, AlMgSi 0.5. For handle series RA surface glass ball blasted and anodized with a satin finish in natural or black colour. Alternatively silver or black powder coated.

Stress resistance:
 min. 500 N.

Note:
 Other dimensions available on request.

Economy

Handles

Griffe mit vereinfachter Oberflächenbehandlung als preisliche Alternative zu unseren Standardprodukten. Silber oder schwarz pulverbeschichtet.

Handles with simplified surface treatment as a cost-effective alternative to our standard products. Silver or black powder coated.



S235JR

Az általános rendeltetésű ötvözetlen szerkezeti acélok talán legelterjedtebb tagja, alacsony széntartalommal és általában 400 és 500 N/mm² közötti szakítószilárdsággal. Könnyű és egyben nagyon jó megmunkálási tulajdonságainak köszönhetően felhasználható az acél- és gépiparban olyan alkatrészek esetén, ahol az igénybevétel nem túl magas és nem speciális a bevetési terület. Hidegen történő alakításra, mint kovácsolás, hajlítás korlátozottan alkalmas, ilyen irányú felhasználás esetén érdemes a megrendelésnél kritériumokat meghatározni. Hegesztésre az anyagminőség mindegyik kivitele, azaz a JR, J0, J2 is kiválóan alkalmas. Szobahőmérsékleten elektromos ellenállása 0,14 Ω · mm²/m, hővezetőképessége 54 W/(m·K).

Korábbi leginkább elterjedt jelölése az RSt 37-2, gyártási szabványa jelenleg az EN 10025.

WERKSTOFF-NUMMER: 1.0038

NEMZETKÖZI JELÖLÉSEK / ALTERNATÍVÁK

DIN	NFA	UNI	BS	JIS	MNC	SAE	ASTM
RSt 37-2	E 24-2 NE	Fe 360 B FN	40 A/B	SS400 SM400A	1312	1010	A283 (C&D)

VEGYI ÖSSZETÉTEL (AZ ÖTVÖZET GYÁRTÁSI SZABVÁNYA SZERINT) [%]

C	Si	Mn	P	S	Cu	N
≤ 0,17	≤ 0,3	≤ 1,4	0,035	0,035	≤ 0,55	≤ 0,012

TIPIKUS MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK

	Sűrűség (kg/dm ³)	Folyáshatár Rp0,2 (N/mm ²)	Szakítószilárdság Rm (N/mm ²)	Nyúlás A (%)
Minimum	7,85	185	340	8
Maximum	7,85	350	510	11

EGYÉB INFORMÁCIÓK

A Loksacél Kft. kínálatában általában 10 és 200 mm közötti mérettartományban elérhető acélminőség, tipikusan 5 és 10 mm-es lépésközökkel. Nagyobb, vagy nem járatos, ill. raktárunkban nem azonnal elérhető méretek esetén az S355 acélminőség gyártóműből történő egyedi beszerzés lehetősége javasolt.

A Loksacél Kft. a fenti tájékoztatóban szereplő adatokért, illetve az azoktól való eltérésért nem vállal felelősséget, azok szigorúan csak tájékoztató jellegűek.

Loksacél Kereskedelmi Kft.

Székhely: 1211 Budapest, Öntöde u. 2-12. (Csepel Ipari Park)

Tel.: +36 1 420 6640, 425 7559

Raktár: 1211 Budapest, Építőüzem u. 2.

Fax: +36 1 700 0062

Postafiók: 1756 Budapest, Pf.: 54.

e-mail: info@loksacel.hu

Cégjegyzékszám: 01-09-700854 | Adószám: 12733965-2-43

NEMA 17 Lead Screw Type

Hybrid Linear Actuator

PHBL42 Series

Ambient Temperature	-20 °C ~ +50 °C
Temperature Rise	80 °C Max. (rated current, 2 phase on)
Dielectric Strength	500 VAC for one minute
Insulation Resistance	Class B (Class F also available)



Motor Specs

Mode	Voltage	Current	Resistance	Inductance	Lead Wire	Motor Length	
	V/∅	A/∅	Ω/∅	mH/∅	Pin	inch	mm
PHBL42□35-4S05	7.2	0.5	14.4	19.8	4	1.3780	34.1
PHBL42□35-4S10	3.6	1.0	3.6	5.0	4	1.3780	34.1
PHBL42□35-4S15	2.4	1.5	1.6	2.2	4	1.3780	34.1
PHBL42□49-4S05	11.0	0.5	22.0	46.0	4	1.9291	48.1
PHBL42□49-4S12	4.5	1.2	3.8	8.0	4	1.9291	48.1
PHBL42□49-4S25	2.2	2.5	0.87	1.8	4	1.9291	48.1

Note: Non-captive type (N), External type (E) or Captive type (C) is available, and please specify it with the blank box when ordering.

LeadScrewSpecs

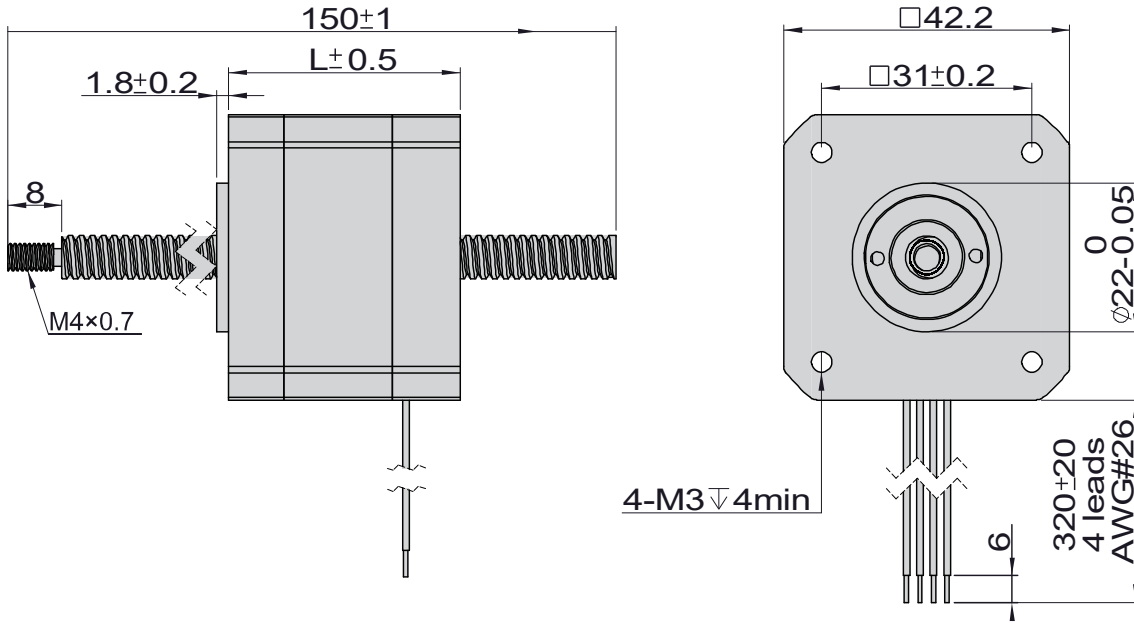
Lead Code	Screw Dia.		Lead		Travel/Step @ 1.8Deg*		Travel/Step @ 0.9Deg*	
	inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm
AA	0.25	6.35	0.024	0.6096	0.00012	0.003	0.00006	0.0015
AB	0.25	6.35	0.039	1.0000	0.00020	0.005	0.00010	0.0025
B	0.25	6.35	0.048	1.2192	0.00024	0.006	0.00012	0.003
D	0.25	6.35	0.05	1.27	0.00025	0.006	0.00013	0.0032
F	0.25	6.35	0.063	1.6002	0.00032	0.008	0.00016	0.004
H	0.31	8.00	0.083	2.1167	0.00042	0.0106	0.00021	0.0053
J	0.25	6.35	0.096	2.4384	0.00048	0.012	0.00024	0.0061
K	0.25	6.35	0.1	2.54	0.0005	0.013	0.00025	0.0064
L	0.25	6.35	0.125	3.175	0.0006	0.016	0.00031	0.0079
Q	0.25	6.35	0.192	4.8768	0.00096	0.024	0.00048	0.0122
S	0.25	6.35	0.25	6.35	0.00125	0.032	0.00061	0.0155
U	0.25	6.35	0.33	8.382	0.00167	0.042	0.0008	0.021
W	0.25	6.35	0.384	9.7536	0.00192	0.049	0.001	0.024
Y	0.25	6.35	0.5	12.7	0.0025	0.0635	0.00125	0.0318
Z	0.25	6.35	1.0	25.4	0.005	0.127	0.0025	0.0635
M	0.315	8.0	0.175	4.0	0.00079	0.02	0.00039	0.01
T	0.315	8.0	0.315	8.0	0.00158	0.04	0.00079	0.02
G	0.315	8.0	0.0787	2.0	0.00039	0.01	0.00020	0.005

*values truncated

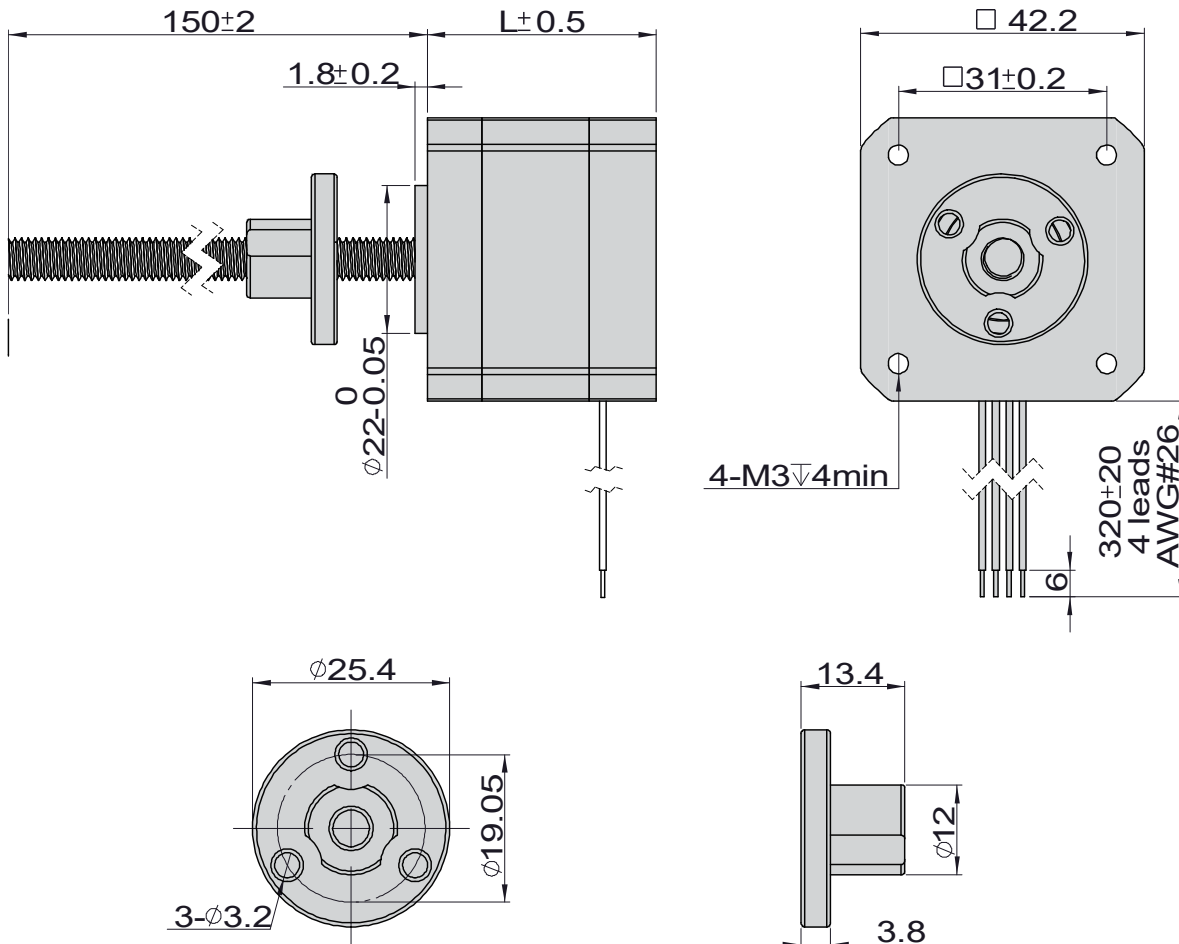
PHBL42 Series

■ Typical Dimension

Non-captive



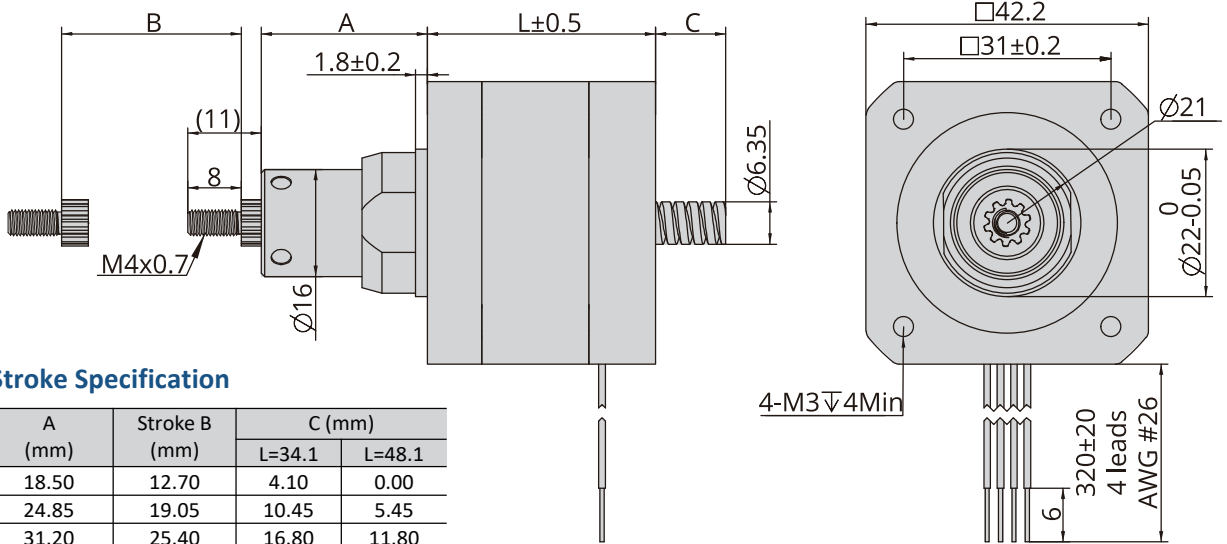
External



- 2Phase Hybrid Stepper Motor
- 3Phase Hybrid Stepper Motor
- 5Phase Hybrid Stepper Motor
- Hybrid Stepper Gear Motor
- Lead Screw Linear Actuator
- Ball Screw Linear Actuator
- IP65 Stepper Motor
- Hollow Shaft Stepper Motor
- Stepper Motor With Brake
- Pancake Stepper Motor
- PM Stepper Motor
- Can-Stack Stepper Linear Actuator
- PM Stepper Gear Motor
- Stepper Motor Drive

PHBL42 Series

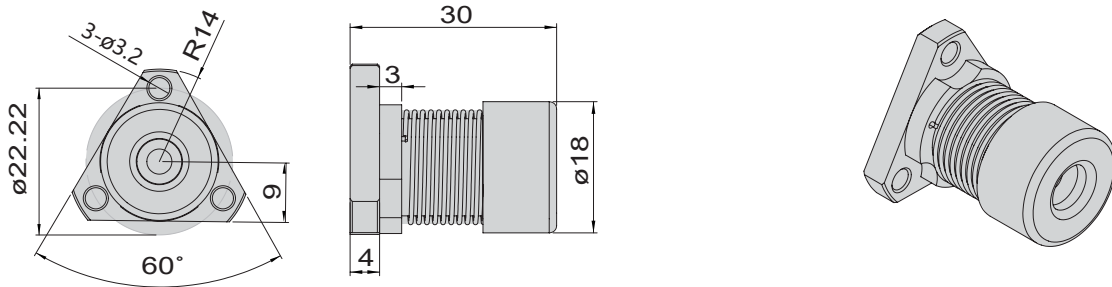
Captive



Stroke Specification

A (mm)	Stroke B (mm)	C (mm)	
		L=34.1	L=48.1
18.50	12.70	4.10	0.00
24.85	19.05	10.45	5.45
31.20	25.40	16.80	11.80
37.55	31.80	23.15	18.15
43.90	38.10	29.50	24.50
56.60	50.80	42.20	37.20
69.30	63.50	54.90	49.90

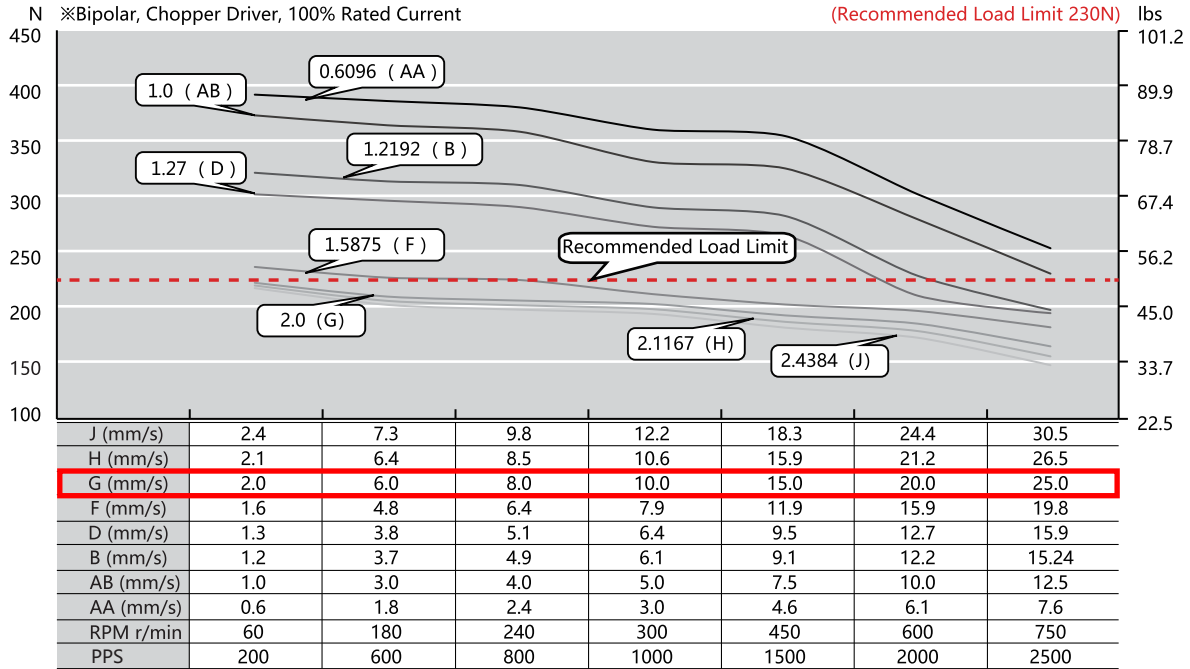
Anti-backlash Nut



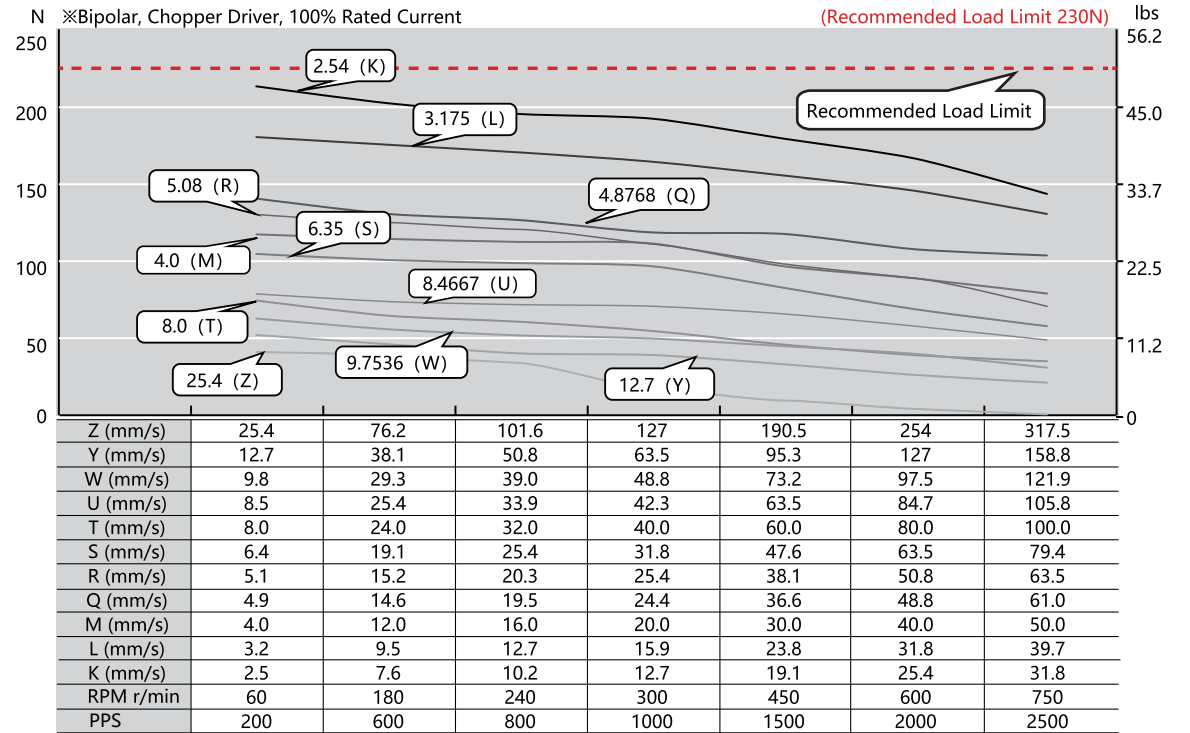
PHBL42 Series

Speed Thrust Curves

Size 17 Single Stack Speed Thrust Curves



Size 17 Single Stack Speed Thrust Curves



- 2Phase Hybrid Stepper Motor
- 3Phase Hybrid Stepper Motor
- 5Phase Hybrid Stepper Motor
- Hybrid Stepper Gear Motor
- Lead Screw Linear Actuator
- Ball Screw Linear Actuator
- IP65 Stepper Motor
- Hollow Shaft Stepper Motor
- Stepper Motor With Brake
- Pancake Stepper Motor
- PM Stepper Motor
- Can-Stack Stepper Linear Actuator
- PM Stepper Gear Motor
- Stepper Motor Drive

42mm series



Motor characteristics

- ◆ Step Angle: 1.8°
- ◆ Frame Size: 42mm
- ◆ Holding Torque: 0.3-0.8N.m
- ◆ Built-in 1000-line encoder
- ◆ Low heat, High torque
- ◆ High stability, High consistency

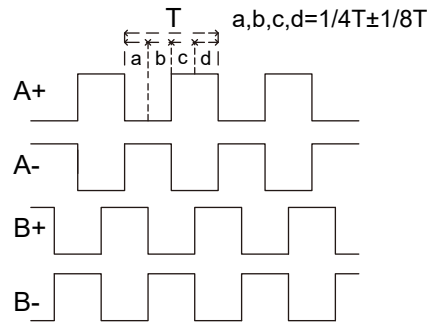
Motor Specifications

Model	Phase Current	Phase Resistance	Phase Resistance	Holding Torque	Rotor Inertia	Bi/Unipolar	Weight	Length (L)
	A/Ø	Ω/Ø	mH/Ø	N.m	g.cm ²	# of Leads	kg	mm
PHSM42S37-410-210EC	1.3	2.5	5.0	0.3	35	Bi(4)	0.27	37
PHSM42S37-420-210EC	2.3	0.7	2.3	0.3	25	Bi(4)	0.27	37
PHSM42S51-410-210EC	1.3	3.2	5.5	0.5	77	Bi(4)	0.4	51
PHSM42S51-420-210EC	2.3	1.0	1.9	0.5	77	Bi(4)	0.4	51
PHSM42S67-410-210EC	1.3	3.8	8.5	0.8	115	Bi(4)	0.55	67
PHSM42S67-420-210EC	2.3	1.4	3.1	0.8	115	Bi(4)	0.55	67

Encoder Specifications

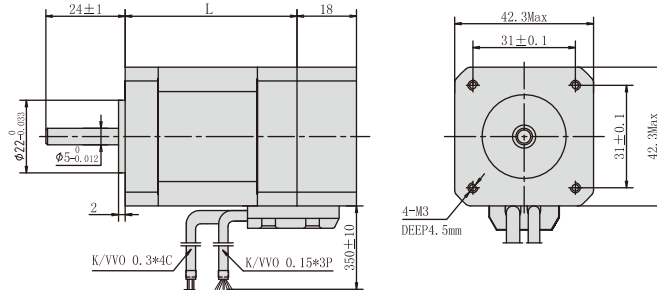
Resolution	1000CPR	
Supply voltage	4.5~5.5V	
Supply current(Max)	100mA	
Signal	A+,A-,B+,B-	
Rise/fall time(Max)	100ns	
Frequency	300kHz	
Output voltage	"H"	2.4V min
	"L"	0.4V Max
Max.output current	20mA	

Encoder Waveform

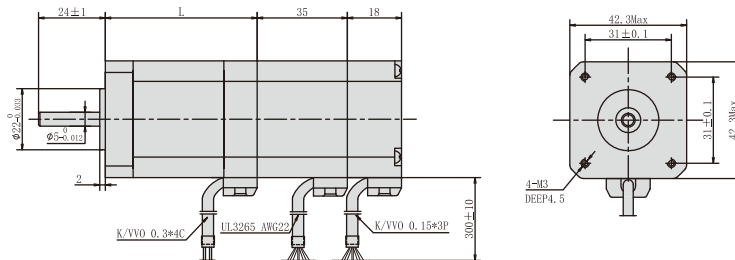


Outline Drawing

Motor Without Brake



Motor With Brake



42CRMO4+QT

Nemesített acélminőség magas szívósággal rendelkező alkatrészek gyártásához. Felhasználási területe széles, leginkább az autóiipari alkatrészek és nagyszilárdságú gépalkatrészek gyártása során kerül bevetésre ez a minőség. Példának okáért készíthetők tengelycsuklók, hajtótengelyek, fogaskerekek és lécek és akár formaszerszámok is. Szobahőmérsékleten elektromos ellenállása $0,25 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, hővezetőképessége $46 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Eltérése a hagyományos 42CrMo4 ötvözethez képest, hogy egy összetett hőkezelésen esik át az acél, mely során edzik és nagy hőmérsékleten megereszti azt, aminek köszönhetően a szövetszerkezet finomszemcséssé válik és így szívósabb lesz a termék. Korábbi leginkább elterjedt jelölése hasonlóan a 42CrMo4+QT, gyártási szabványa jelenleg az EN 10083.

WERKSTOFF-NUMMER: 1.7225

VEGYI ÖSSZETÉTEL (AZ EN10083 SZABVÁNYA SZERINT) [%]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,38–0,45	≤ 0,4	0,6–0,9	≤ 0,025	≤ 0,035	0,9–1,2	0,15–0,3

TIPIKUS MECHANIKAI TULAJDONSÁGOK

	Rp0,2	Rm	A	Z	
	N / mm ²	N / mm ²	%	%	
	<i>d ≤ 16 mm</i>	<i>d ≤ 16 mm</i>	<i>d ≤ 16 mm</i>	<i>d ≤ 16 mm</i>	
Minimum	900	1100	10	40	
Maximum		1300			
	Rp0,2	Rm	A	Z	KV
	N / mm ²	N / mm ²	%	%	J
	<i>16 ≤ d ≤ 40 mm</i>	<i>16 ≤ d ≤ 40 mm</i>	<i>16 ≤ d ≤ 40 mm</i>	<i>16 ≤ d ≤ 40 mm</i>	<i>16 ≤ d ≤ 40 mm</i>
Minimum	750	1000	11	45	35
Maximum		1200			
	Ro0,2	Rm	A	Z	KV
	N / mm ²	N / mm ²	%	%	J
	<i>40 ≤ d ≤ 100 mm</i>	<i>40 ≤ d ≤ 100 mm</i>	<i>40 ≤ d ≤ 100 mm</i>	<i>40 ≤ d ≤ 100 mm</i>	<i>40 ≤ d ≤ 100 mm</i>
Minimum	650	900	12	50	35
Maximum		1100			

Loksacél Kereskedelmi Kft.

Székhely: 1211 Budapest, Öntöde u. 2-12. (Csepel Ipari Park)

Raktár: 1211 Budapest, Építőüzem u. 2.

Postafiók: 1756 Budapest, Pf.: 54.

Cégjegyzékszám: 01-09-700854 | Adószám: 12733965-2-43

Tel.: +36 1 420 6640, 425 7559

Fax: +36 1 700 0062

e-mail: info@loksacel.hu

	Rp0,2	Rm	A	Z	KV
	N / mm ²	N / mm ²	%	%	J
	$100 \leq d \leq 160 \text{ mm}$	$100 \leq d \leq 160 \text{ mm}$	$100 \leq d \leq 160 \text{ mm}$	$100 \leq d \leq 160 \text{ mm}$	$100 \leq d \leq 160 \text{ mm}$
Minimum	550	800	13	50	35
Maximum		950			
	Rp0,2	Rm	A	Z	KV
	N / mm ²	N / mm ²	%	%	J
	$160 \leq d \leq 250 \text{ mm}$	$160 \leq d \leq 250 \text{ mm}$	$160 \leq d \leq 250 \text{ mm}$	$160 \leq d \leq 250 \text{ mm}$	$160 \leq d \leq 250 \text{ mm}$
Minimum	500	750	14	55	35
Maximum		900			

EGYÉB INFORMÁCIÓK

A Loksacél Kft. kínálatában általában 20 és 250 mm közötti mérettartományban elérhető ötvözet, tipikusan 5 és 10 mm-es lépésközökkel. Hasonló mérettartományban, nagyobb lépésközökkel elérhetőek a nemesített változatok is raktárunkból. Különleges méretek esetén gyártóműből történő egyedi beszerzés lehetősége lehetséges.

A Loksacél Kft. a fenti tájékoztatóban szereplő adatokért, illetve az azoktól való eltérésért nem vállal felelősséget, azok szigorúan csak tájékoztató jellegűek.

Loksacél Kereskedelmi Kft.

Székhely: 1211 Budapest, Öntöde u. 2-12. (Csepel Ipari Park)

Raktár: 1211 Budapest, Építőüzem u. 2.

Postafiók: 1756 Budapest, Pf.: 54.

Cégjegyzékszám: 01-09-700854 | Adószám: 12733965-2-43

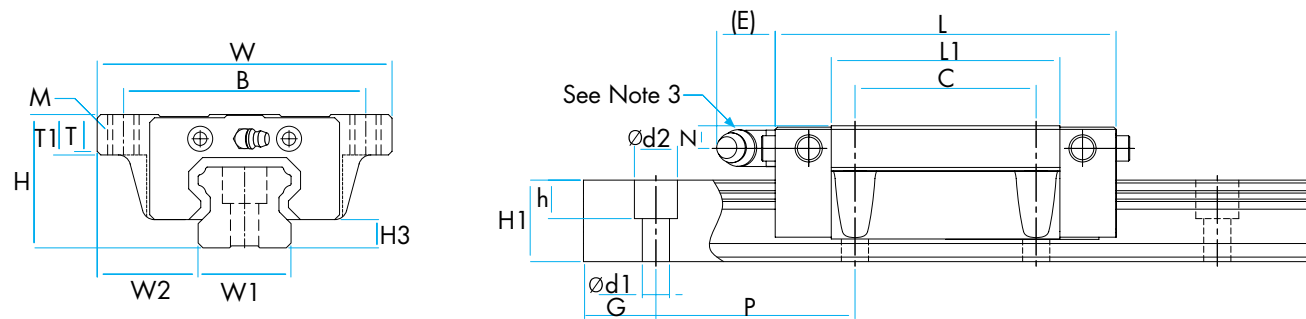
Tel.: +36 1 420 6640, 425 7559

Fax: +36 1 700 0062

e-mail: info@loksacel.hu

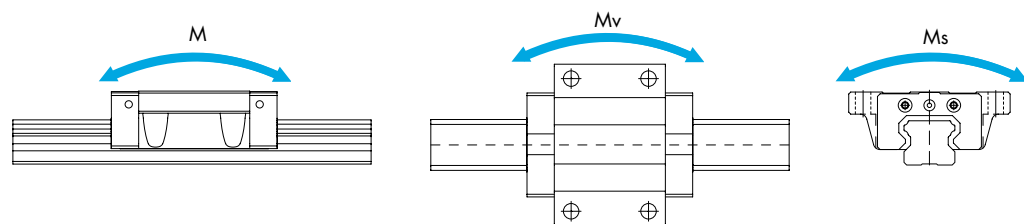


HLGS--CF Series, HLGS--F Series



Ref No.	External Dimensions			Dimensions of HLG Block								H3
	Height H	Width W	Length L	B	C	M	L1	T	N	E	Grease Nipple*3	
HLGS15CF	24	52	40.2	41	-	M5	24	6	7	6	A-M4	4.5
HLGS15F			56.9		26		40.7					
HLGS20CF	28	59	47.2	49	-	M6	27.6	8	9	5.5	B-M6F	6
HLGS20F			66.3		32		46.7					
HLGS25CF	33	73	59.1	60	-	M8	34.4	9	10	6	B-M6F	7
HLGS25F			83		35		58.2					

Ref No.	Dimensions of HLG Rail						Basic Load Rating		Static Moment Capacity Nm			Weight	
	Width W1 ±0.05	W2	Height H1	Min G	Pitch P	d1 x d2 x h	Dynamic C kN	Static Co kN	M	Mv	Ms	HLG Block kg	HLG Rail kg/m
HLGS15CF	15	18.5	13	10	60	4.5 x 7.5 x 5.3	6.5	9.3	39	39	74	0.125	1.3
HLGS15F							9.3	15.5	110	110	124	0.203	
HLGS20CF	20	19.5	16.5	10	60	6 x 9.5 x 8.5	8.6	12.1	59	59	128	0.187	2.2
HLGS20F							12.3	20.2	165	165	213	0.301	
HLGS25CF	23	25	20	10	60	7 x 11 x 9	13.9	19.0	115	115	229	0.320	3.0
HLGS25F							19.9	31.6	323	323	381	0.527	

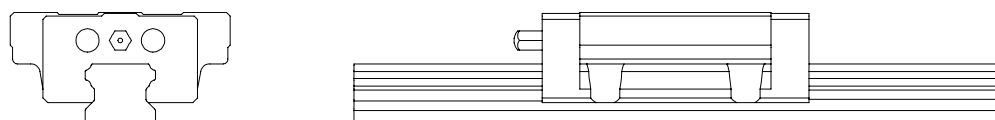


Notes:

- See page 27 for part number configuration and ordering detail.
- For details of 1st hole position 'G' please see page 4.
- Size 15 blocks use a straight grease nipple (A-M4). See below for more information.

Size 15 Block Grease Nipple (A-M4)

Size 15 blocks use a straight grease nipple instead of the standard 45° grease nipple used on other block sizes. The diagram below shows a size 15 block with a straight (A-M4) grease nipple.



Miniature MLG / MLGB Series

HepcoMotion's miniature guides have a four point contact ball recirculating system with 45° loading angles. There are two recirculating paths per carriage providing ultra smooth movement over the complete stroke length.

These precision units will provide exceptional load capacity in a very small space making them particularly suitable for a whole range of medical, scientific and small mechanical assembly systems where high performance is demanded.

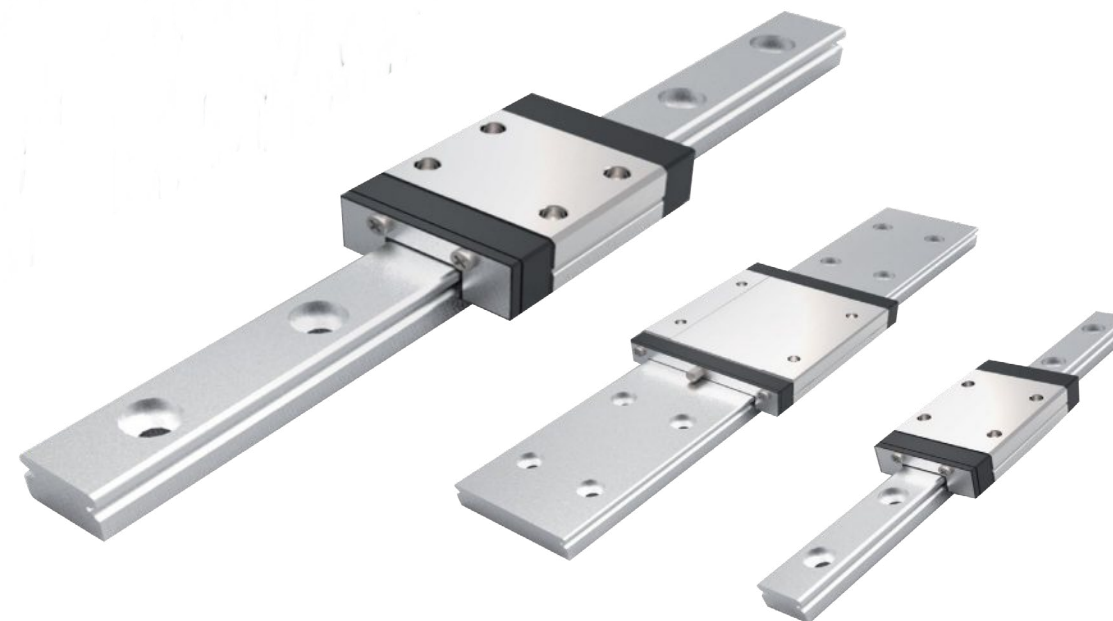
With rails and blocks made from stainless steel as standard **MLG** and **MLGB** miniature guides are also suitable for use in clean rooms.

The standard **MLG** rail is available in sizes 5mm to 20mm. For applications where offset loads are present, a wider rail version is available (MLGB). Both options are part of HepcoMotion's standard stock range.

Both **MLG** and **MLGB** types are supplied with the blocks separate to the rails ready for mounting. To make assembly easy the balls are retained within the block by means of a wire retaining system.

Accuracy Grades		
'N'	Normal	(Stock Range)

Preload Grades		
'ZO'	Zero Preload	(Stock Range)
'Z1'	Light Preload	

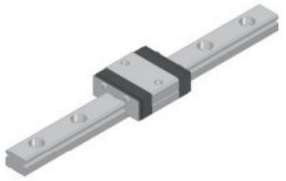
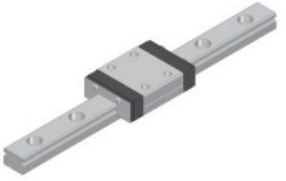
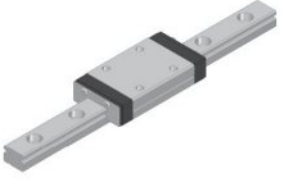

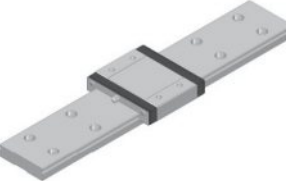
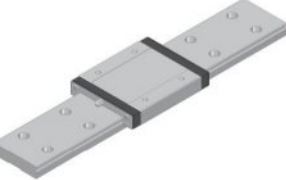


Miniature Brakes

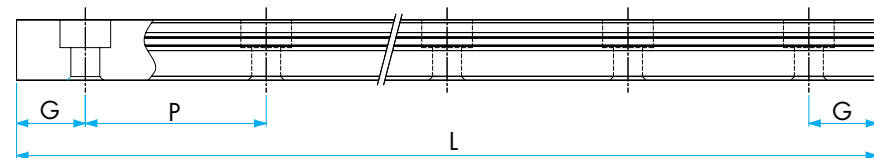
Manual clamping brakes are also available for all sizes of **MLG/MLGB**.



Types and Features - Miniature Range (Stainless Steel)

Category	Type	Shape & Features	
Compact type	MLGC		Short Carriage
	MLGN		Medium Carriage
	MLGL		Long Carriage
Wide type	MLGBC		Short Carriage
	MLGBN		Medium Carriage
	MLGBL		Long Carriage
			Standard Miniature Guide Stainless Steel
			Wide miniature providing increased rigidity and load capacity. Stainless Steel

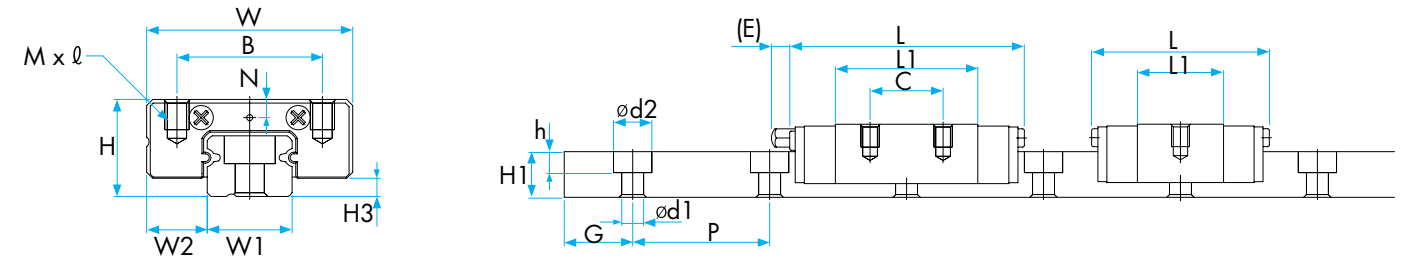
Standard & Wide Miniature Range



Model No.	MLG Standard Series						MLGB Wide Series				
	5	7	9	12	15	20	5	7	9	12	15
Standard Pitch P	15	15	20	25	40	60	20	30	30	40	40
G Min	5	5	7.5	8	8	10	5	5	7.5	8	8
Max. Length	1000	1000	1000	2000	2000	2000	1000	1000	1000	2000	2000

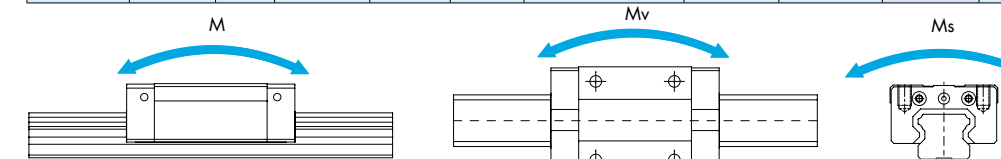
'G' is equal both ends unless otherwise specified.

MLG Compact Miniature Series



Ref No.	External Dimensions			Dimensions of MLG Block							H3
	Height H	Width W	Length L	B	C	M x l	L1	N	E	Grease Nipple	
MLG5C	6	12	17	8	-	M2 x 1.5	9.4	1.2	-	-	1
MLG5N			20		-		12.4		-	-	
MLG7C	8	17	19.8	12	-	M2 x 2.5	9.6	1.5	-	-	1.5
MLG7N			24.3		8		14.1		-	-	
MLG7L			31.8		13		21.6		-	-	
MLG9C	10	20	22.4	15	-	M3 x 3	11.8	2.2	-	-	2
MLG9N			31.3		10		20.7		-	-	
MLG9L			41.4		15		30.8		-	-	
MLG12C	13	27	26.4	20	-	M3 x 3.5	12.8	2.7	-	-	3
MLG12N			34.9		15		21.3		-	-	
MLG12L			45.4		20		31.8		-	-	
MLG15C	16	32	34.4	25	-	M3 x 4	17.7	3.1	4	-	4
MLG15N			44.4		20		27.7		4	A-M3	
MLG15L			59.4		25		42.7		4	-	
MLG20C	20	40	39.8	30	-	M4 x 6	22.2	4.2	4	-	5
MLG20N			51.8		25		34.2		4	A-M3	
MLG20L			69.8		30		52.2		4	-	

Ref No.	Dimensions of MLG Rail						Basic Load Rating		Static Moment Capacity Nm			Weight	
	Width W1 ±0.05	W2	Height H1	Min G	Pitch P	d1 x d2 x h	C N	Co N	M	Mv	Ms	MLG Block g	MLG Rail g/m
MLG5C	5	3.5	3.7	5	15	2.4 x 3.6 x 0.8	516.9	757.1	1.27	1.27	1.8	3.1	139
MLG5N							632.1	1009.4	2.25	2.25	2.35	4.0	
MLG7C	7	5	5	5	15	2.4 x 4.2 x 2.3	924.2	1135.6	1.9	1.9	3.6	6.4	253
MLG7N							1227.1	1703.4	4.3	4.3	5.4	9.0	
MLG7L							1671.6	2649.7	10.2	10.2	8.4	12.6	
MLG9C	9	5.5	6	7.5	20	3.5 x 6 x 3.5	1162.6	1484.9	3.1	3.1	6.1	9.9	391
MLG9N							1697.0	2545.5	9.3	9.3	10.5	17.1	
MLG9L							2337.1	4030.3	22.1	22.1	16.6	25.2	
MLG12C	12	7.5	8	8	25	3.5 x 6.5 x 4.5	2181.7	2384.8	5.4	5.4	12.9	19.8	679
MLG12N							3035.6	3815.6	14.3	14.3	20.7	31.5	
MLG12L							4254.0	6200.4	35.3	35.3	33.6	45.9	
MLG15C	15	8.5	10	8	40	3.5 x 6.5 x 4.5	3443.1	3895.2	12.2	12.2	26.6	37.8	1071
MLG15N							4579.3	5842.8	28.7	28.7	39.9	57.6	
MLG15L							6533.6	9738.1	74.7	74.7	66.5	85.5	
MLG20C	20	10	11	10	60	6 x 9.5 x 5.5	4516.5	5299.4	20.7	20.7	48.7	80.1	1572
MLG20N							6194.8	8328.0	50.4	50.4	76.6	119.7	
MLG20L							8400.1	12870.0	119	119	118	176.4	



- Notes:
- See page 27 for part number configuration and ordering detail.
 - For detail of 1st hole position 'G' please see page 10.



ALLOY DATA SHEET EN AW-6082 [AlSi1MgMn]

Type:
**High strength
structural alloy**

The alloy EN AW-6082 is a high strength alloy for highly loaded structural applications. Typical applications are scaffolding elements, rail coach parts, offshore constructions, containers, machine building and mobile cranes. Due to the fine grained structure this alloy exhibits a good resistance to dynamic loading conditions. EN AW-6082 is certified for use in marine applications.

Chemical composition according to EN573-3 (weight%, remainder Al)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	remarks	others	
									each	total
0.7 – 1.3	max. 0.50	max. 0.10	0.40 – 1.0	0.6 – 1.2	max 0.25	max 0.20	max 0.10		max 0.05	max 0.15

Mechanical properties according to EN755-2

Temper*	Wallthickness e***	Yield stress Rp _{0.2} [MPa]	Tensile strength Rm [MPa]	Elongation		Hardness** HB
				A [%]	A _{50mm} [%]	
T4	e ≤ 25	110	205	14	12	65
T5	e ≤ 5	230	270	8	6	80
T6	e ≤ 5	250	290	8	6	95
	5 < e ≤ 25	260	310	10	8	95

*Temper designation according to EN515: T4-Naturally aged to a stable condition, T5-cooled from an elevated temperature forming operation and artificially aged, T6-Solution heat treated, quenched and artificially aged (T6 properties can be achieved by press quenching)

** Hardness values are for indication only

***For different wall thicknesses within one profile, the lowest specified properties shall be considered as valid for the whole profile cross section

Physical properties (approximate values, 20 °C)

Density [kg/m ³]	Melting range [°C]	Electrical conductivity [MS/m]	Thermal conductivity [W/m.K]	Co-efficient of thermal expansion 10 ⁻⁶ /K	Modulus of elasticity [GPa]
2700	585-650	24-32	170-220	23.4	~70

Weldability¹

Gas: 3 TIG: 2 MIG: 1 Resistance welding: 3 Spot welding: 2
Typical filler materials (EN ISO18273): AlMg5Cr(A), AlMg4.5Mn0.7(A) or AlSi5. Due to the heat input during welding the mechanical properties will be reduced by approximately 50% (ref. EN1999-1).

Machining characteristics¹:

T4 temper: 4 T5 and T6 temper: 2

Corrosion resistance¹

General: 2 Marine: 2

Coating properties¹

Hard/protective anodising: 2 Bright/colour anodising: 3

¹ Relative qualification ranging from 1-very good to 6 – unsuitable

1. Technikai adatok

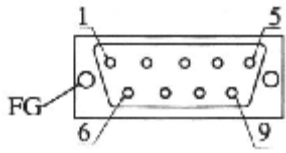
TMLS-05A mágneses lineáris enkóder

Felbontás: 0.005 mm
 Kimeneti jel: TTL /A,B,Z/
 Feszültség: 5V
 Érzékelési távolság: 0,2-1mm
 Max. mérési sebesség: 60 m /min.
 Üzemi hőmérséklet: 0 – 85 °C
 Bekötőkábel hossza: 3m

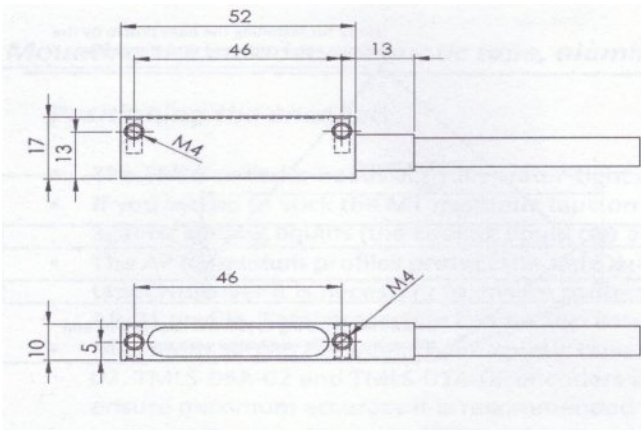
Hossza: 52 mm
 Szélessége: 10 mm
 Magassága: 17 mm

Csatlakozó bekötés

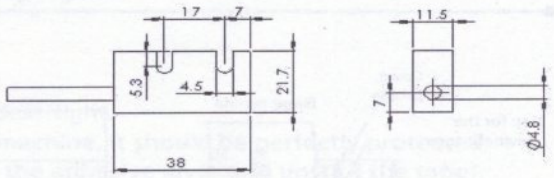
Pin	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Signal	Null	OV	Null	Null	Null	A	+5V	B	Z



TMLS-05A mágneses lineáris enkóder



TMLS-25B mágneses lineáris enkóder



MT-02-xxx mágnesszalag

Szélesség: 10 mm
 Vastagság: 1,3 mm
 Hossz max.: 25 m

MT-02-008 Precise:
 Mágnespólus távolság:2mm
 Pontosság: jobb mint +/- 8um

MT-02-02:
 Mágnespólus távolság:2mm
 Pontosság: jobb mint +/- 18um



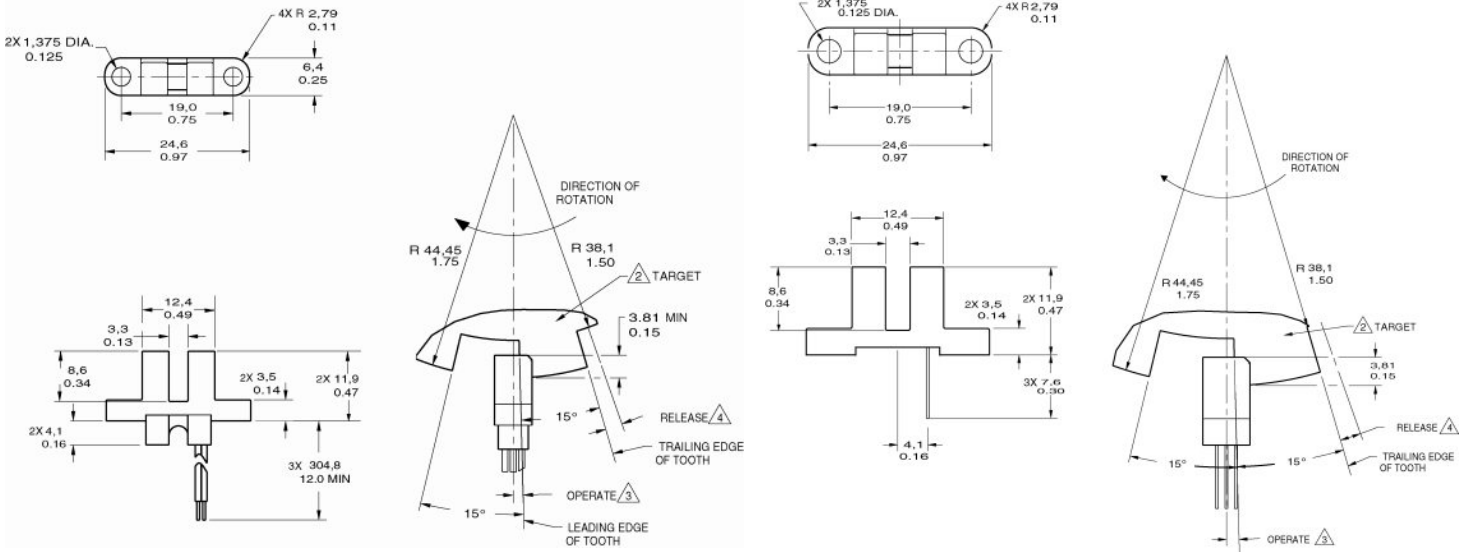
Solid State Sensors

SR16/17 Hall Effect Vane Sensors

SR16/17 Series

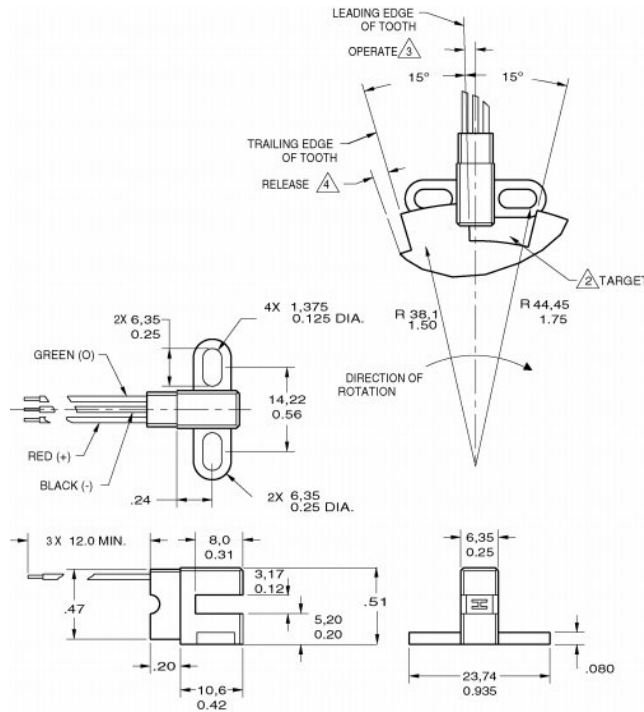
MOUNTING DIMENSIONS (for reference only) mm/in

SR16/17 Series Vane Sensors



SR16C-J6

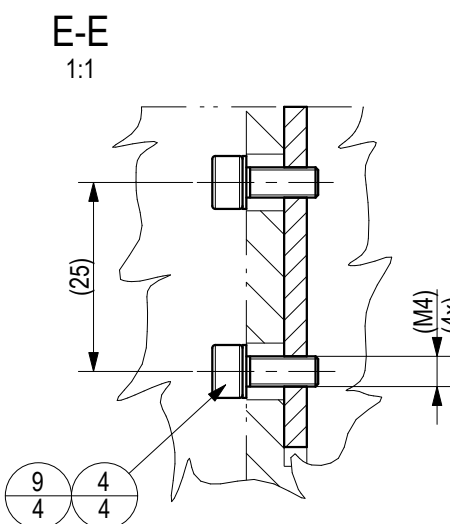
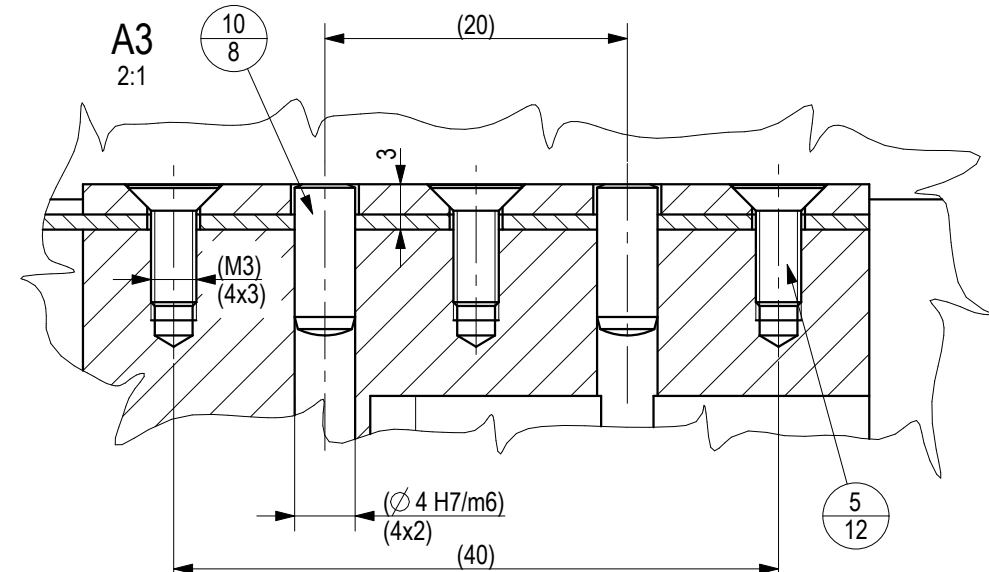
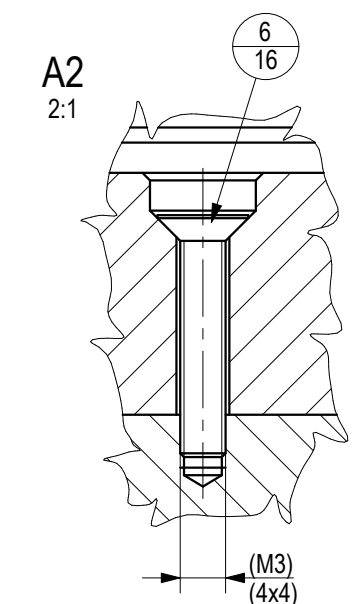
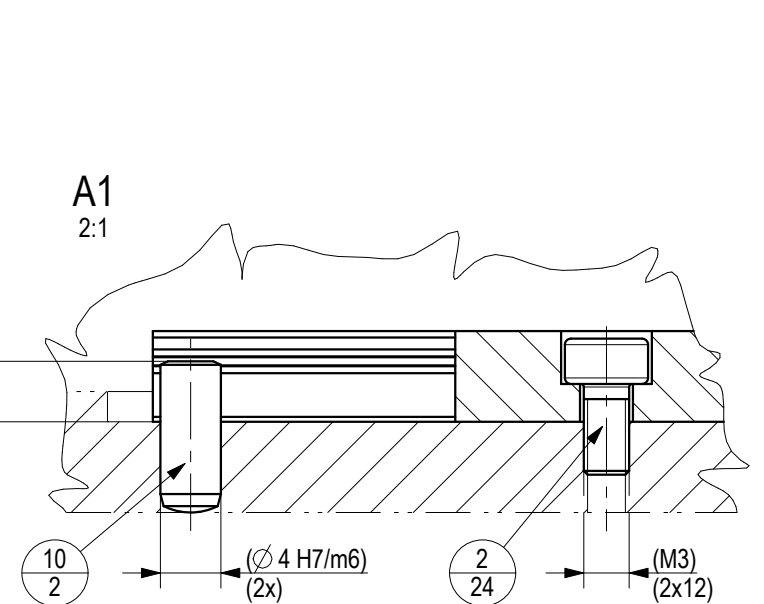
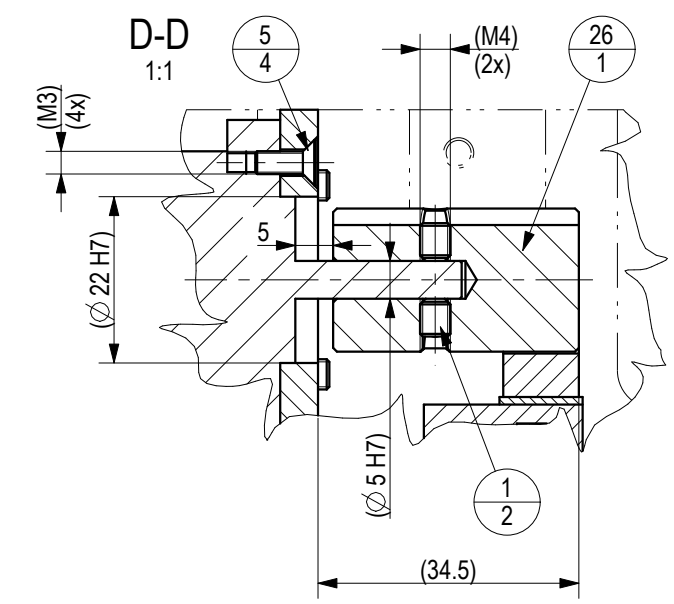
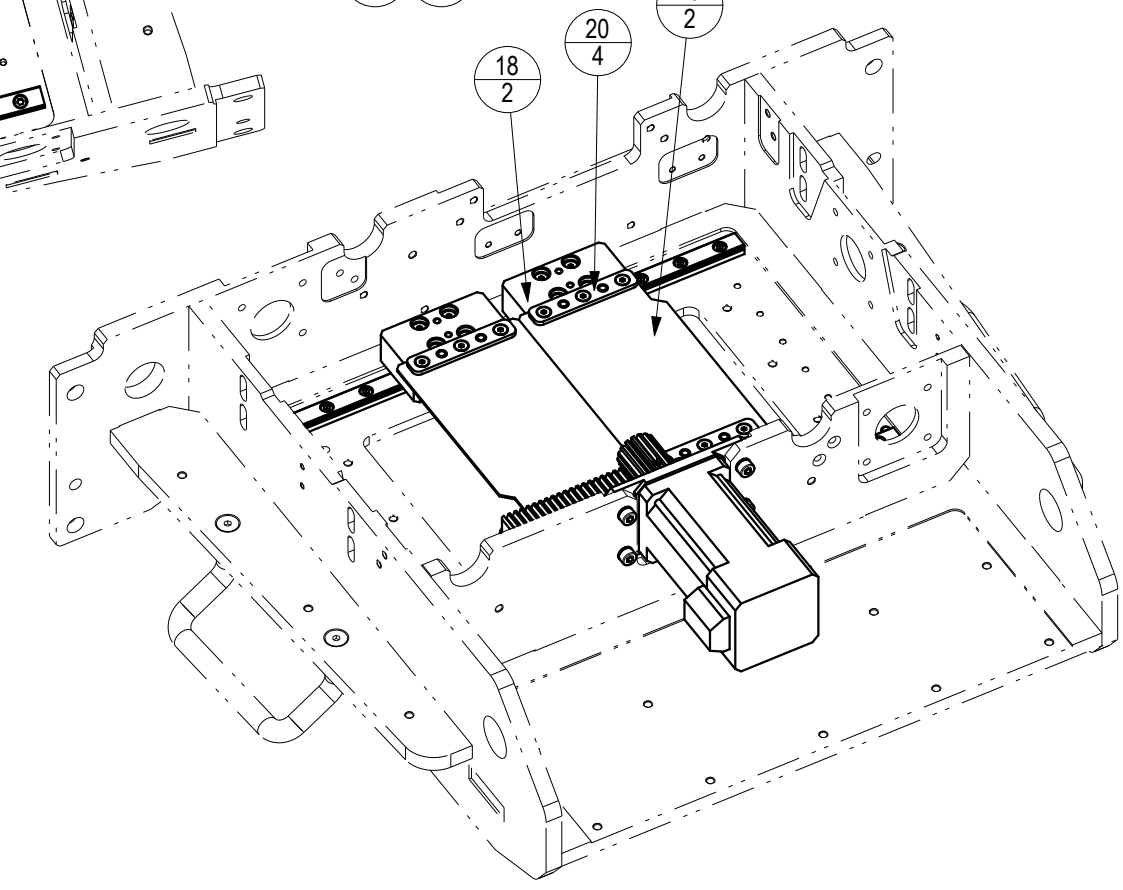
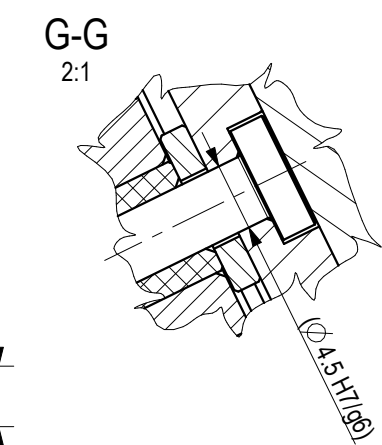
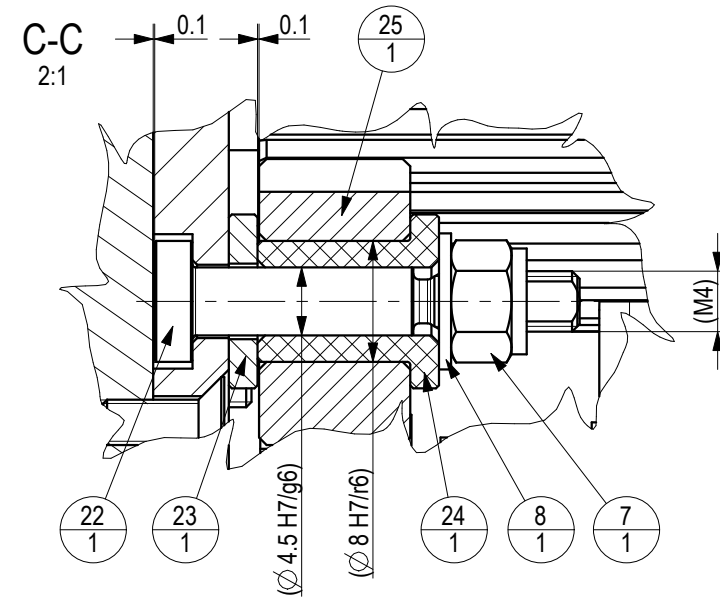
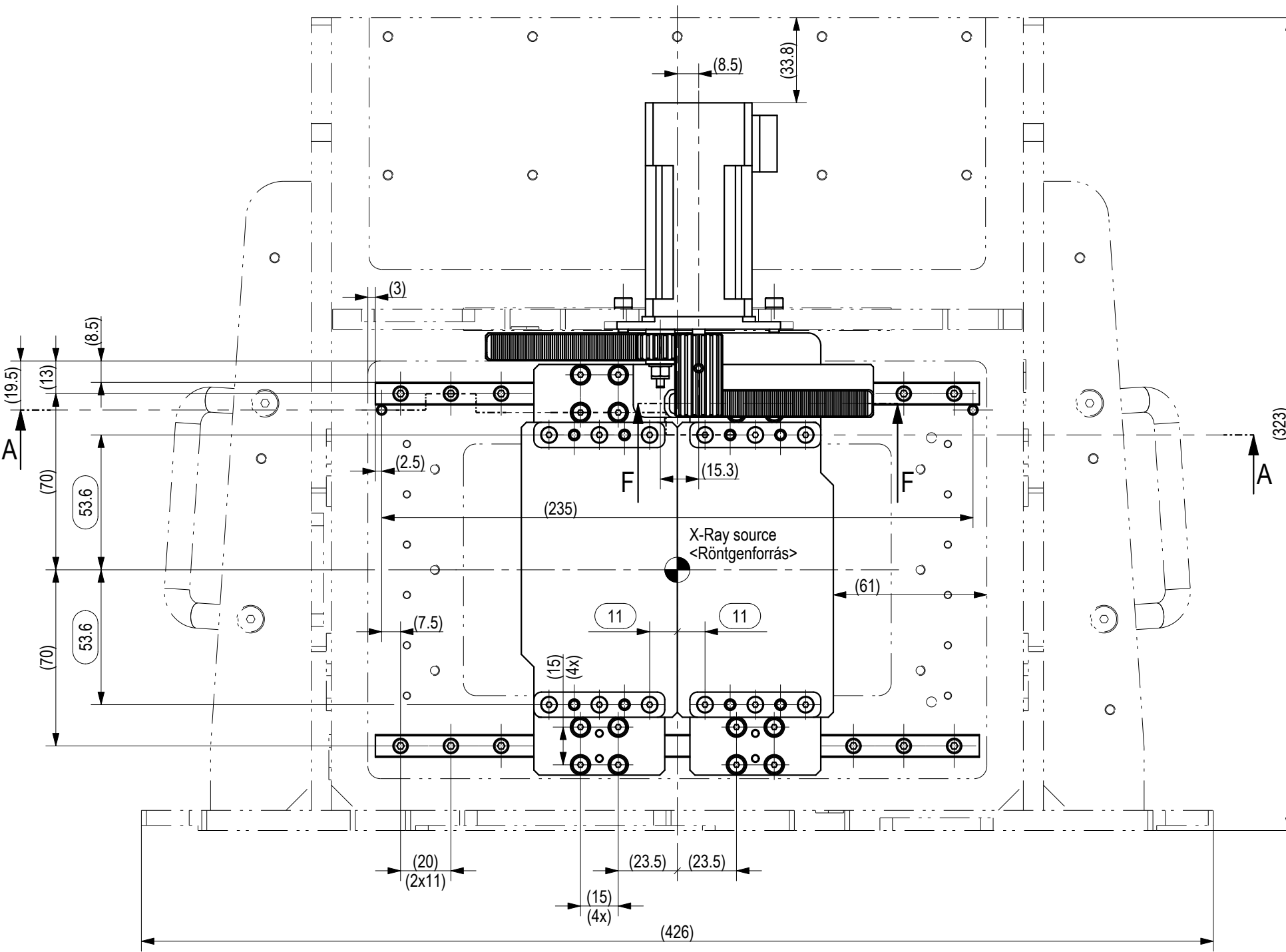
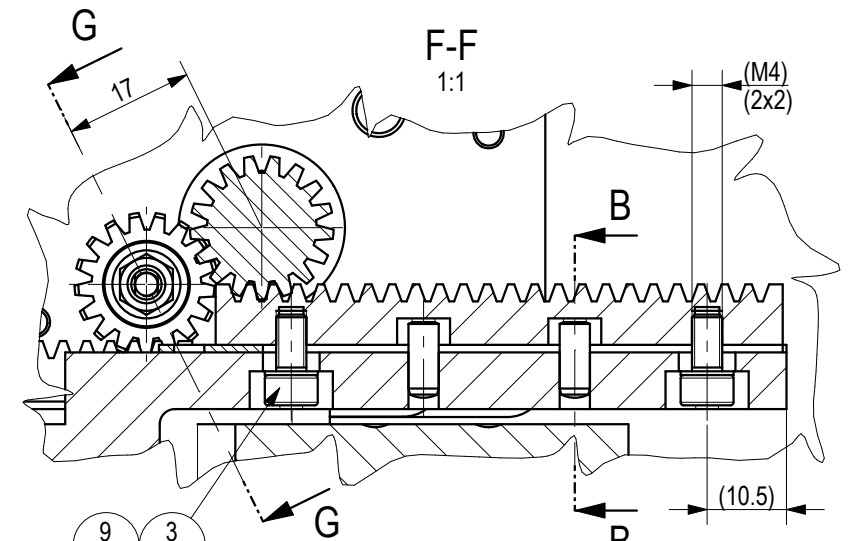
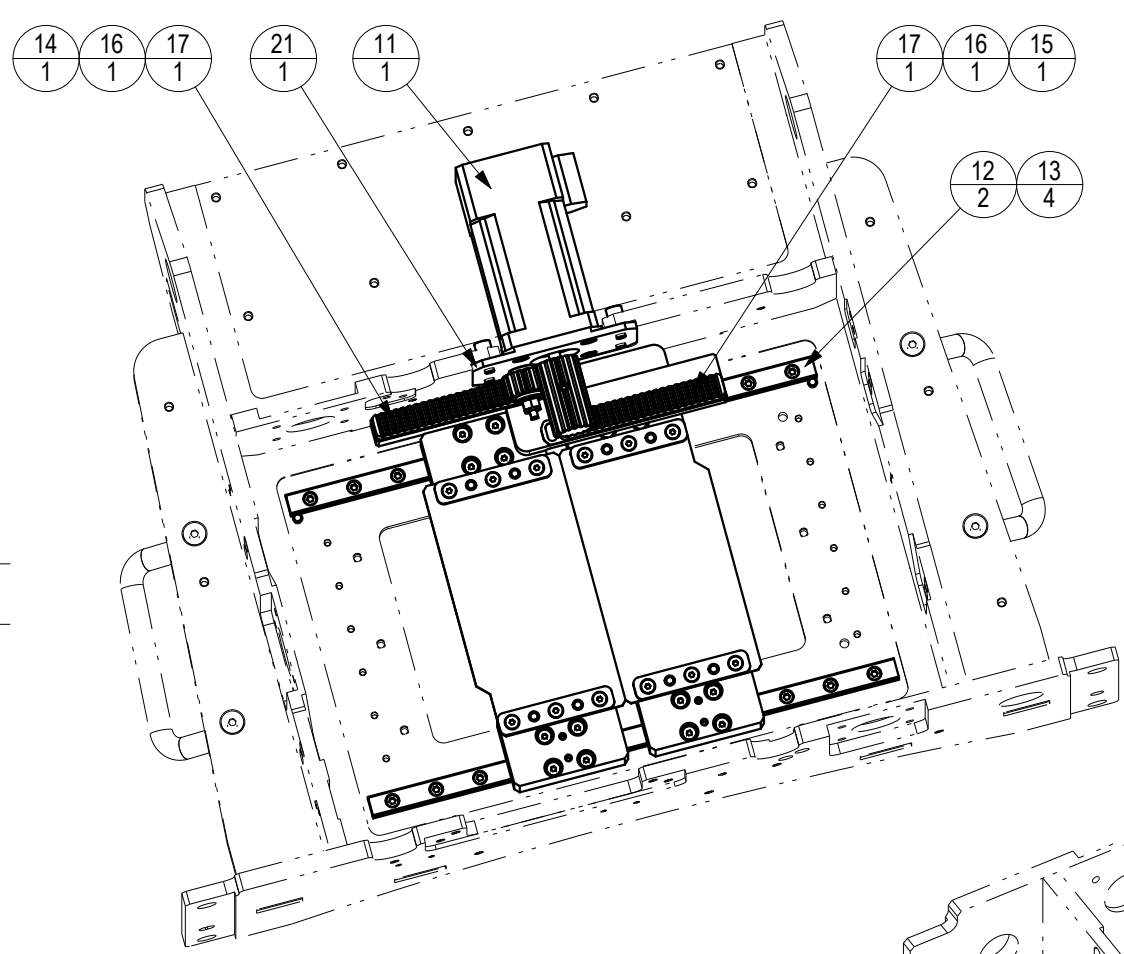
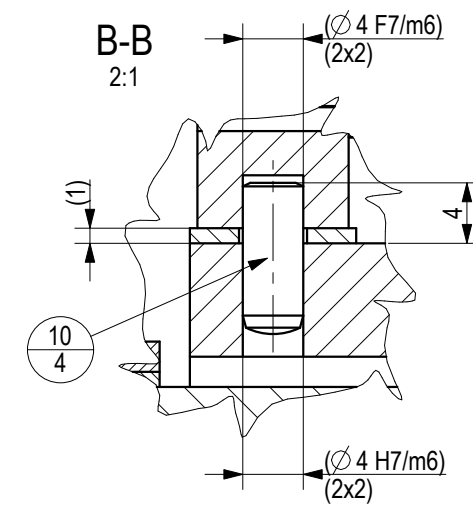
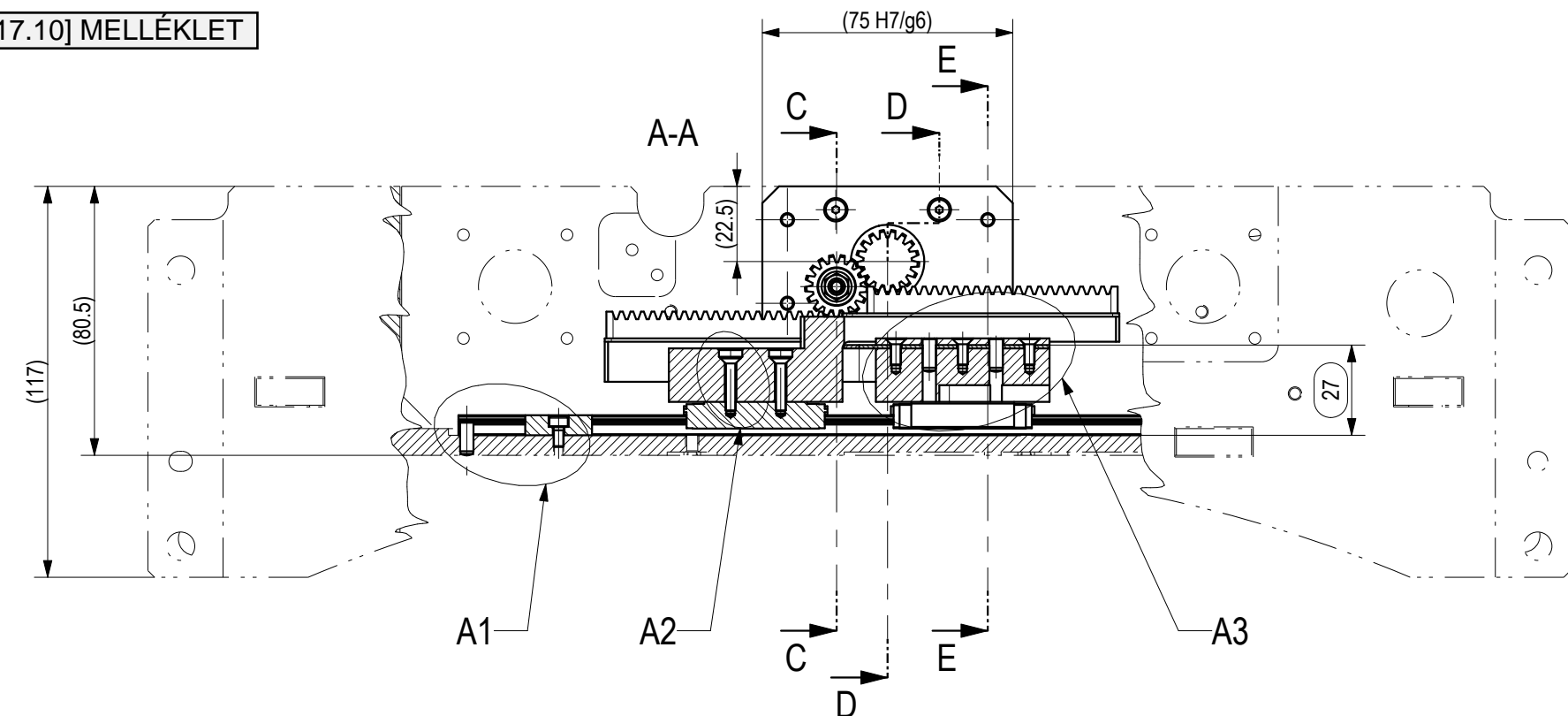
SR16C-N



SR17C-J6

Notes:

1. Mounting specification: non-ferrous #4 machine head screws with .25 OD washers torqued to 3-5 in-lbs.
2. Suggested target configuration, material: .045 low carbon steel, high permeability, low residual induction.
3. Operate (degrees) is the angular distance from the leading edge of the tooth to the centerline of the sensor.
4. Release (degrees) is the angular distance from the trailing edge of the tooth to the centerline of the sensor.
5. Operating specification is based on target shown.

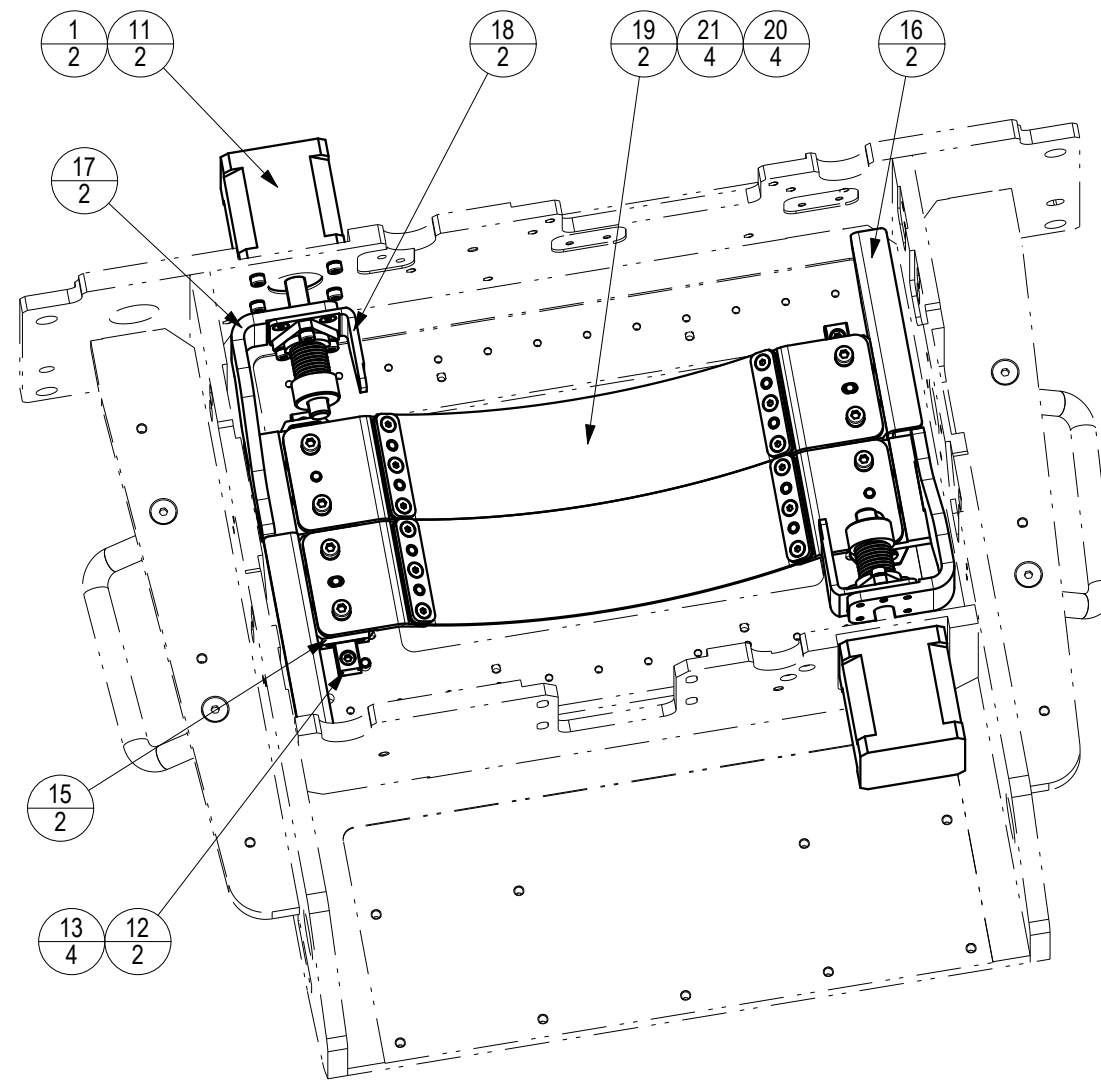
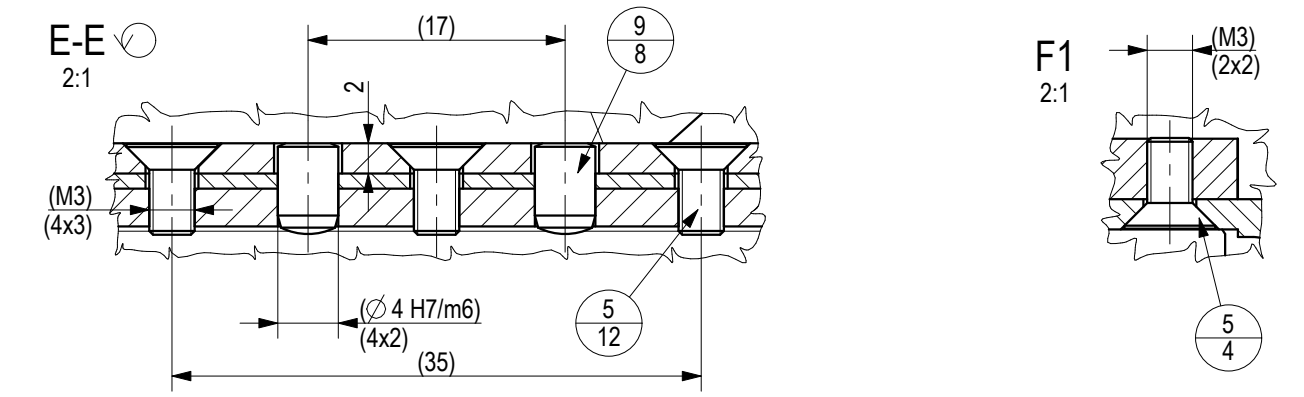
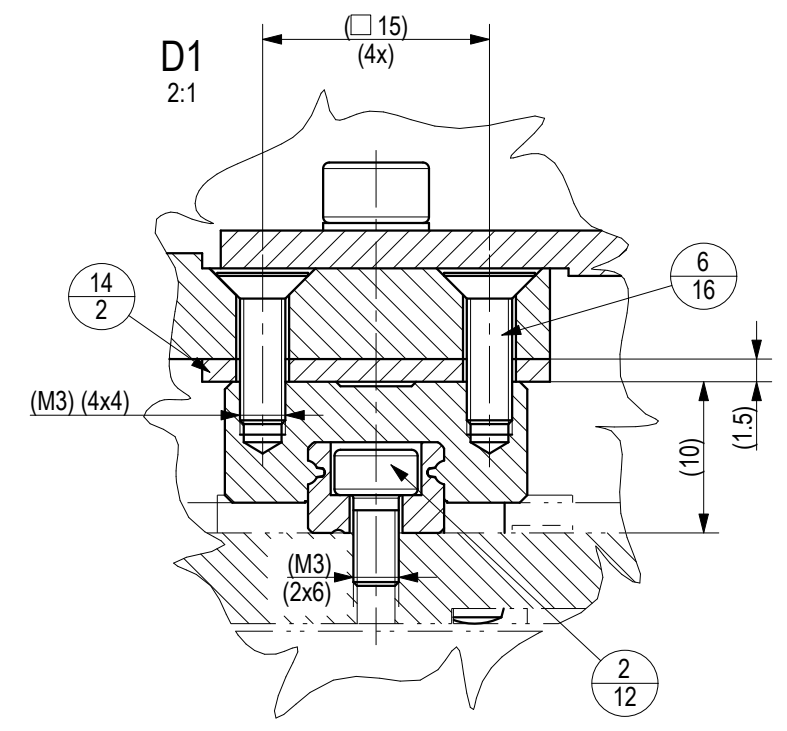
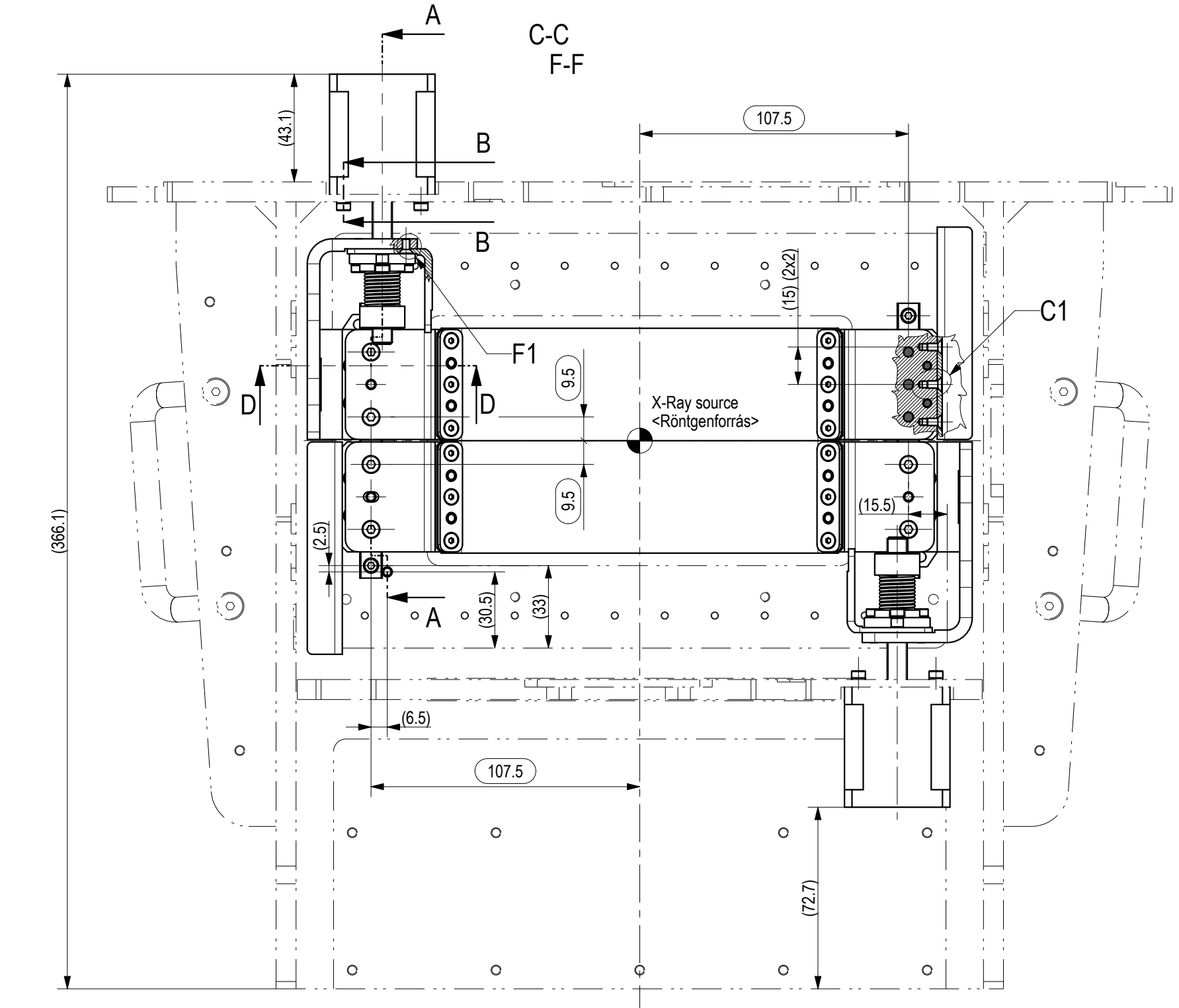
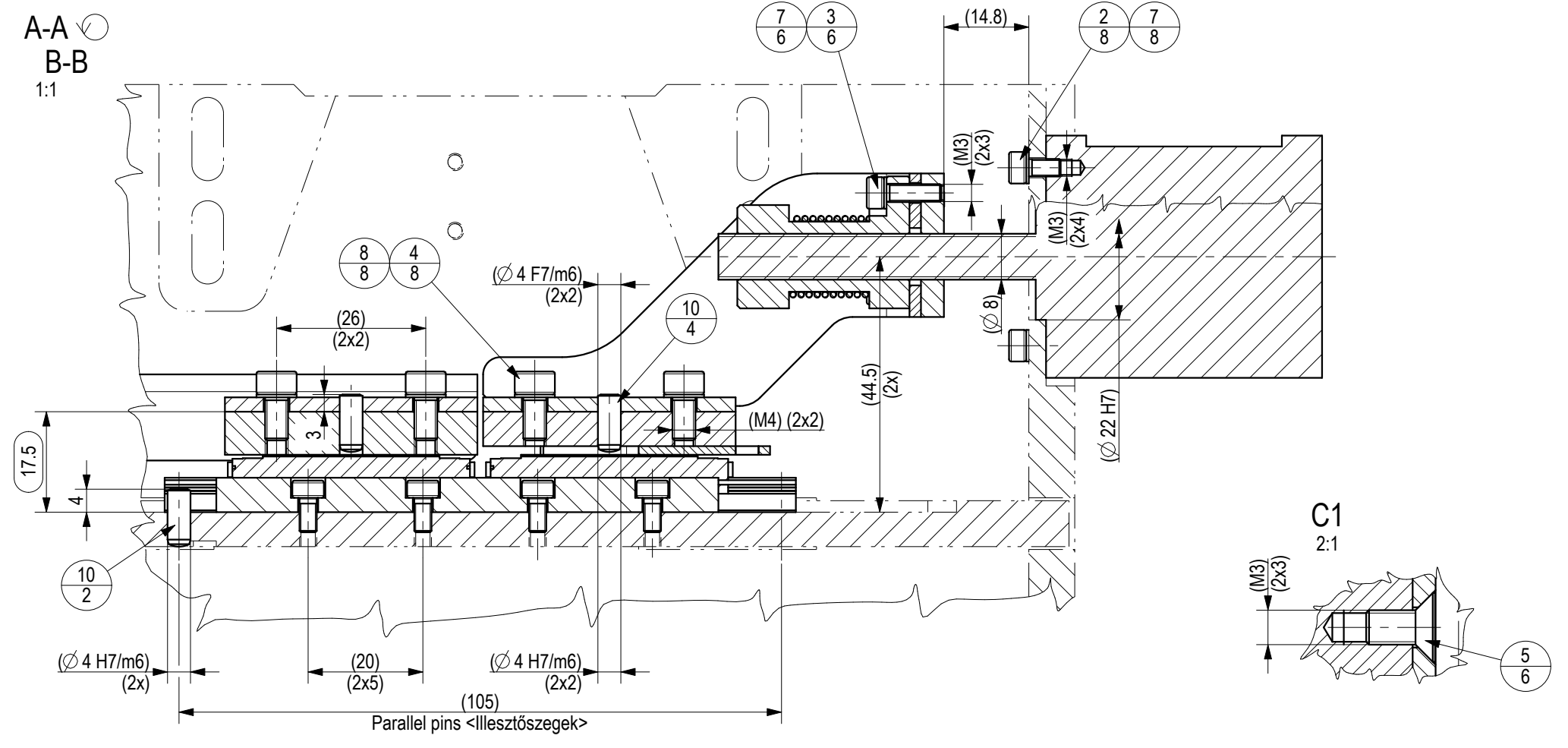
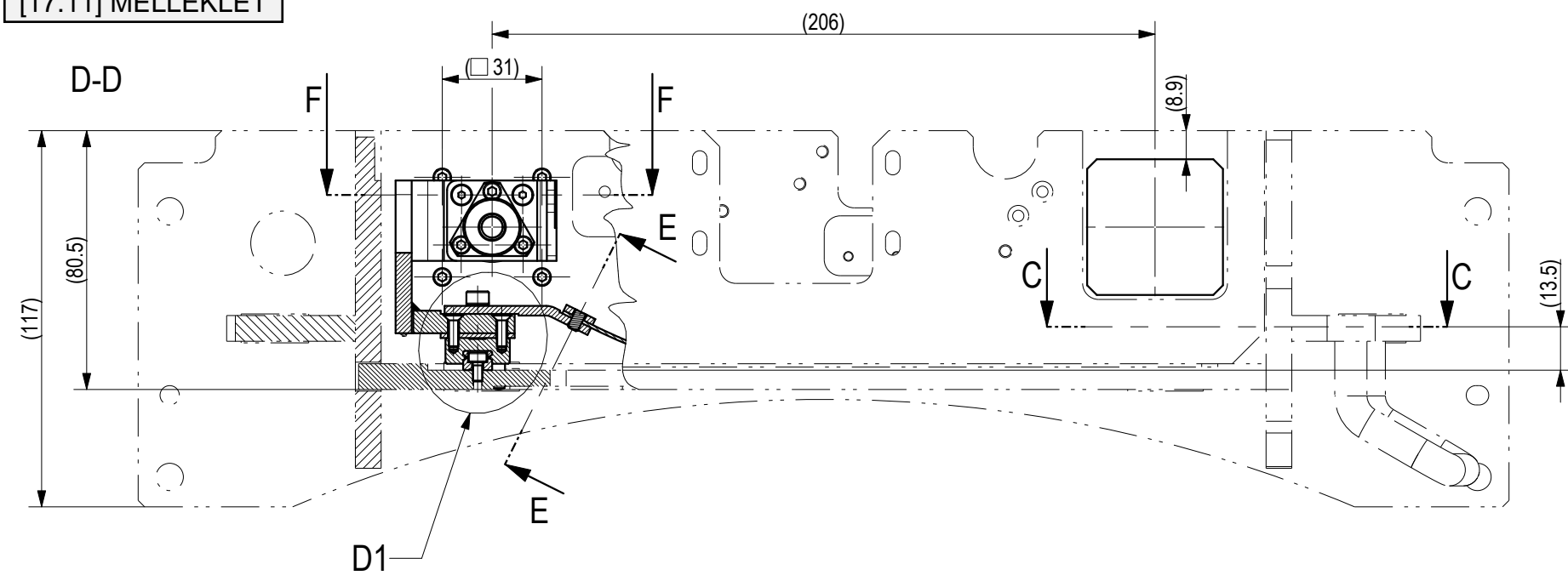


Pos.	Tsz.	Pcs.	Db.	Drawing number	Rajzszám	Name	Megnevezés	Material	Anyag	Dimension	Méret
26	1	CB-08-62-16				Gearwheel I.	Fogaskerék I.	16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		z=17, m=1	
25	1	CB-08-62-15				Gearwheel II.	Fogaskerék II.	16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		z=17, m=1	
24	1	CB-08-62-14				Dry sliding bearing	Sikócsapgyűrű	ZX-100		Ø11.5	
23	1	CB-08-62-13				Spacer ring	Távartó gyűrű	X5CrNi18-10-EN10088+1D		2	
22	1	CB-08-62-12				Shaft	Tengely	42CrMo4+QT-MSZ EN ISO 683-2		Ø8	
21	1	CB-08-62-11				Motor support plate	Motor tartó lemez	S235JR+N-EN10025-2		5	
20	4	CB-08-62-07				Clamping plate	Leszorító lemez	AlSi1MgMn ENAW6082,EN573-3		2	
19	2	CB-08-62-06				Tungsten plate, Fan angle	Völgfrám lemez, Fan szög	Volfram - Pure (Vegyztiszta)		1	
18	2	CB-08-62-05				Spacer block	Távartó tömb	AlSi1MgMn ENAW6082,EN573-3		52x33x16	
17	2	CB-08-62-04				Gear rack	Fogasléc	16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		m=1	
16	2	CB-08-62-03				Spacer plate	Hézagoló lemez	X5CrNi18-10-EN10088+1D		1	
15	1	CB-08-62-02				Gear rack support II.	Fogasléc tartó II.	S235JRG2-EN10025		135x33x26	
14	1	CB-08-62-01				Gear rack support I.	Fogasléc tartó I.	S235JRG2-EN10025		134x46x18	
13	4	7640-0153				HepcoMotion ball carriage	HepcoMotion golyós papucs	HepcoMotion		MGL9L	
12	2	7640-0152				HepcoMotion linear rail	HepcoMotion lineáris vezeték	HepcoMotion		MLG9, L240	
11	1	7620-0144				PrimoPal closed-loop stepper motor	PrimoPal tárt hurkú léptetőmotor	PrimoPal		PHSM42S67-410-210EC	
10	14	7534-0410				Parallel Pin (m6)	Ilesztőszög (m6)	ISO 8734 A		4x10	
9	8	7413-0400				Schnorr - Locking Disc Spring	Schnorr alátét	RECA 04-94		M4	
8	1	7401-0400				Plain Washer Without Chamfer	Lapos alátét	ISO 7089 A (St.+Zn)		M4	
7	1	7354-0400				Self Lock Nut	Örbitósztoló anya	DIN 985 (5 +Zn)		M4	
6	16	7091-0316				Hexagon Socket Cs. Head Screw	Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x16	
5	16	7091-0308				Hexagon Socket Cs. Head Screw	Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x8	
4	4	7062-0410				Hexagon Socket Head Cap Screw	Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)		M4x10	
3	4	7062-0408				Hexagon Socket Head Cap Screw	Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)		M4x8	
2	24	7062-0306				Hexagon Socket Head Cap Screw	Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)		M3x6	
1	2	7026-0405				Hex. Socket Set Screw - Flat Point	Bk. heryőcsavar lapos véggel	ISO 4026 (45H +Zn)		M4x05	

Rev.	Vált.	Amount	db.	ECN	Description	Leírás	Date	Dátum	Change	Módosítás	Controller	Ellenőrz.						
Rev.	Vált.	Amount	db.	ECN	Description	Leírás	Date	Dátum	Change	Módosítás	Controller	Ellenőrz.						
Designer	Tervező	Barcsik Kristóf	Controller	Ellenőrz.	Támcsu Zsolt	Name	Megnevezés	NG CT Collimator, Fan angle, assembled										
Date	Dátum	2023.10.20.	Approved	Jóváhagyva		<NG CT Kollimátor, Fan szög, szerelt>												
First ECN	Első ECN	MD-1262	Format	Formátum	A2	Material	Material Standard	Dimension Standard	Anyag	Anyagvizsgálat	Méretvizsgálat	Projection	Vetítés					
General tolerances	Általános tűrések	MSZ ISO 2768-mH	Size	Méret	METRIC	Shall comply with RoHS (2011/65/EU) directive. Meg kell felelnie az RoHS (2011/65/EU) direktíva követelményeinek.			RoHS	Mass	Tömeg	kg	2.248					
Copyright MEDISO All rights reserved. It is loaned confidentially and must not be used in any way detrimental to our interest! Refer to protection notice ISO 16106. A dokumentum a MEDISO Kft. védett tulajdonsága. A MEDISO Kft. jóváhagyása nélkül bármilyen eltiltás nélküli felhasználása TILOS! Szerző jog fenntartva ISO 16106.										Scale	Méretarány	1:2	Revision	Változat	1.0	Page	Lapszám	1/1
3D model name <3D model neve>: BK KOLLIMATOR_FAN_BEEP												3D drawing name <3D rajz neve>: BK KOLLIMATOR_FAN_BEEP						

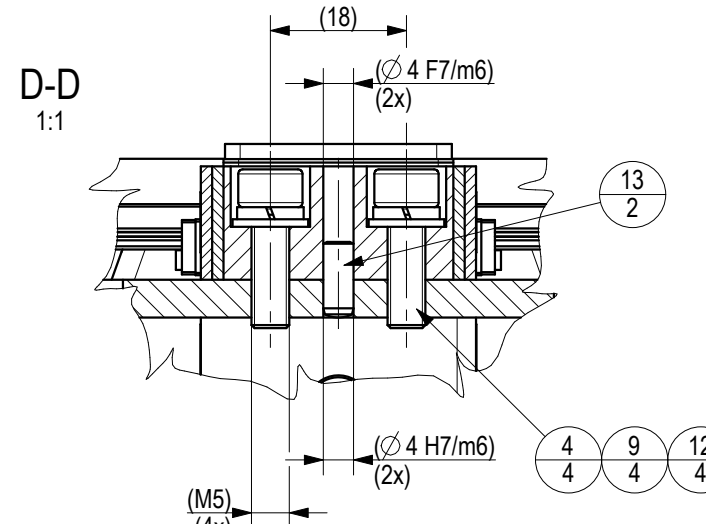
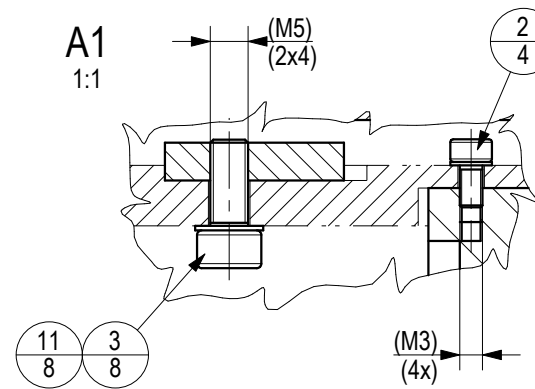
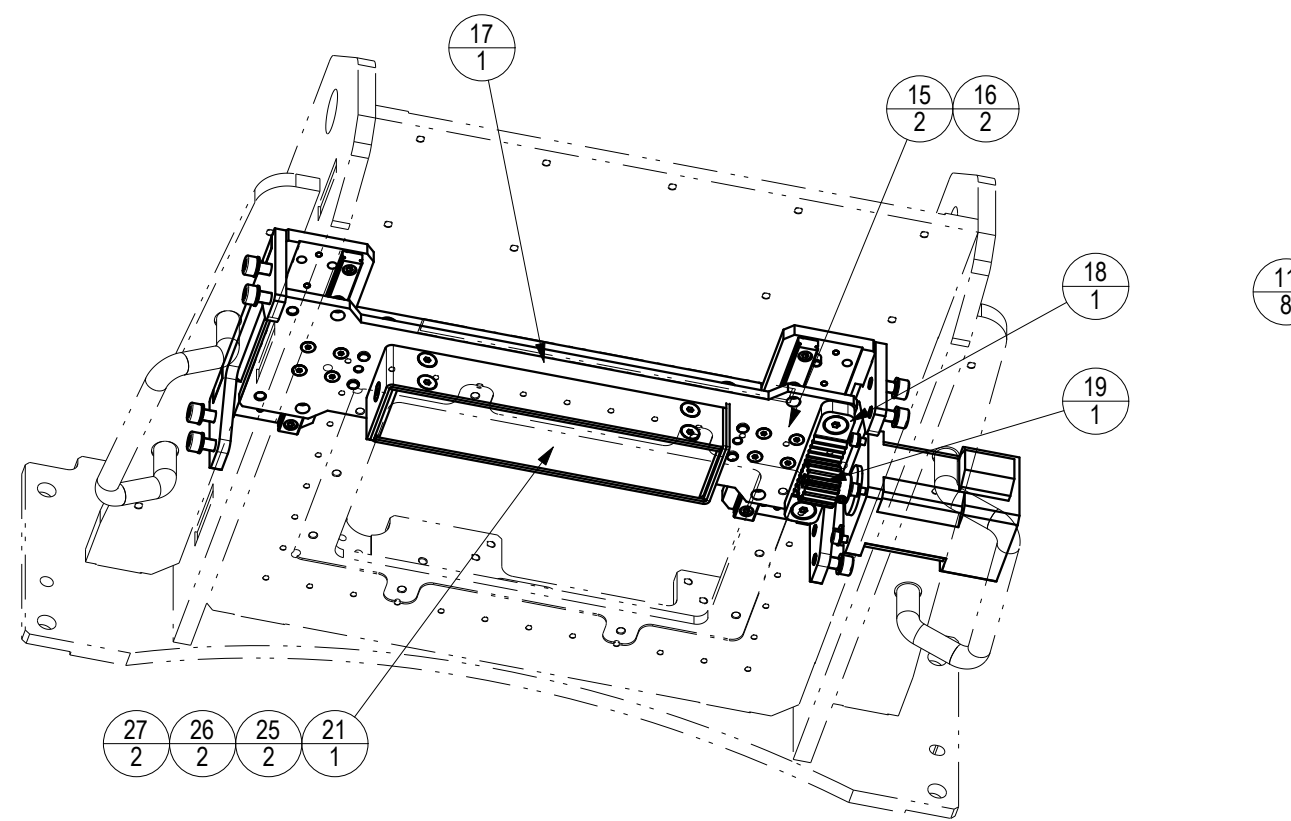
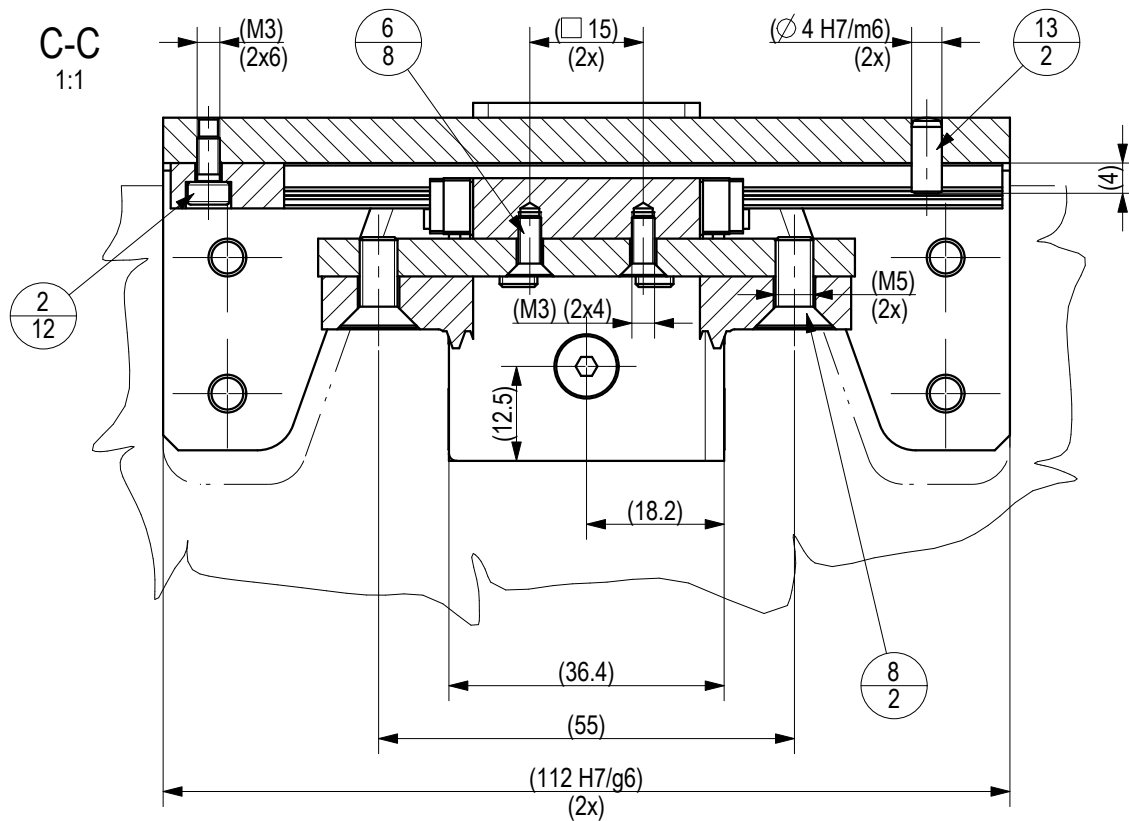
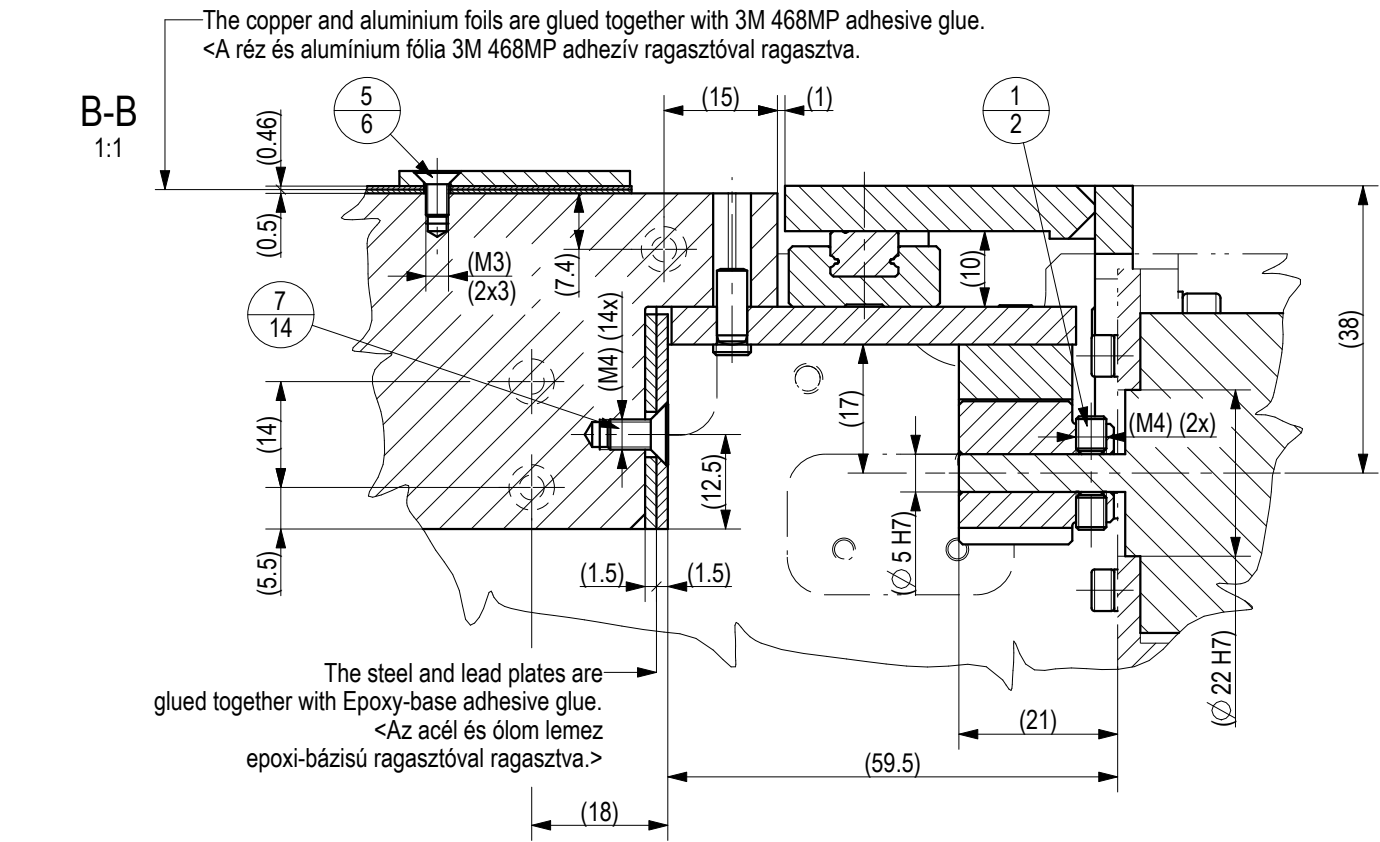
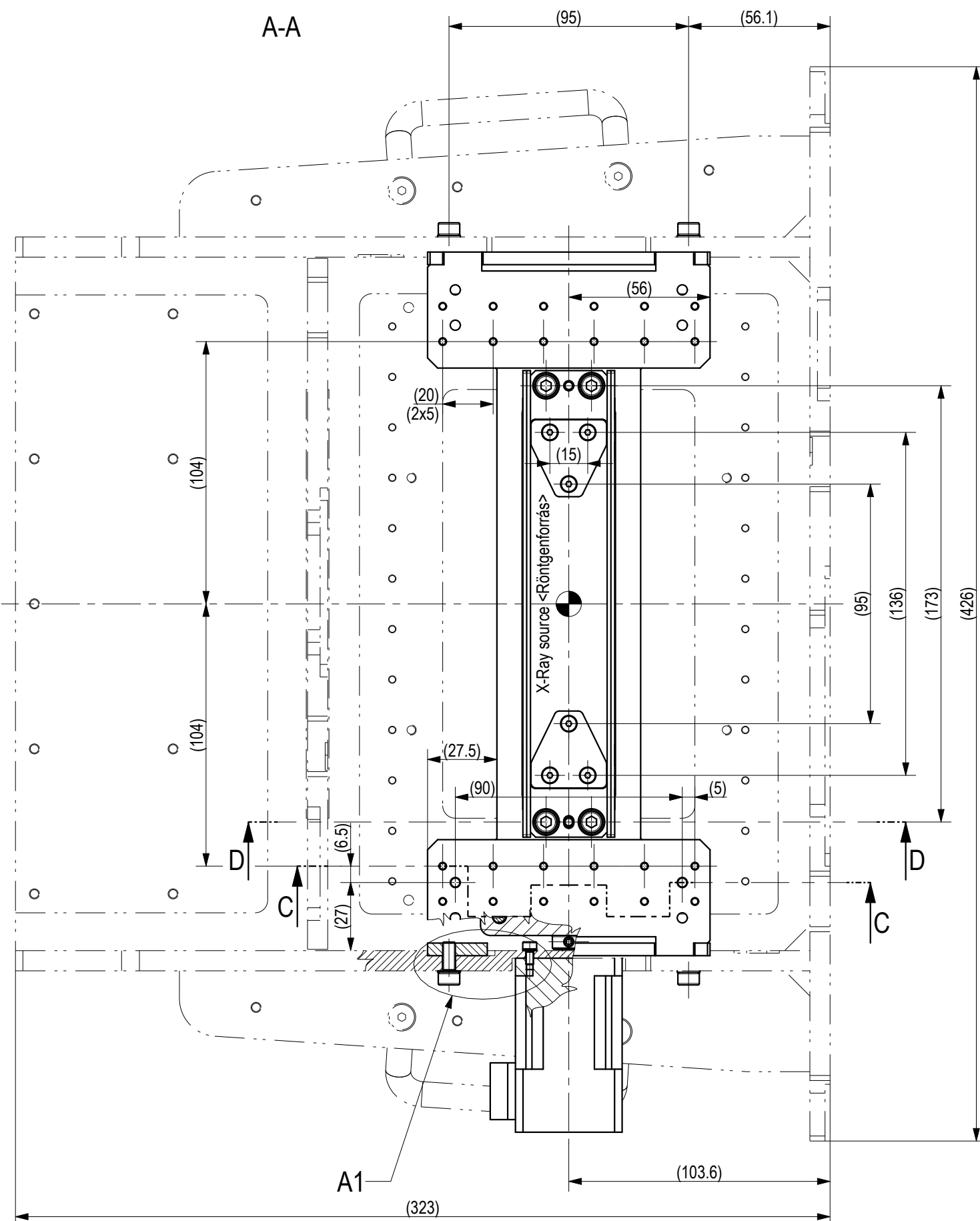
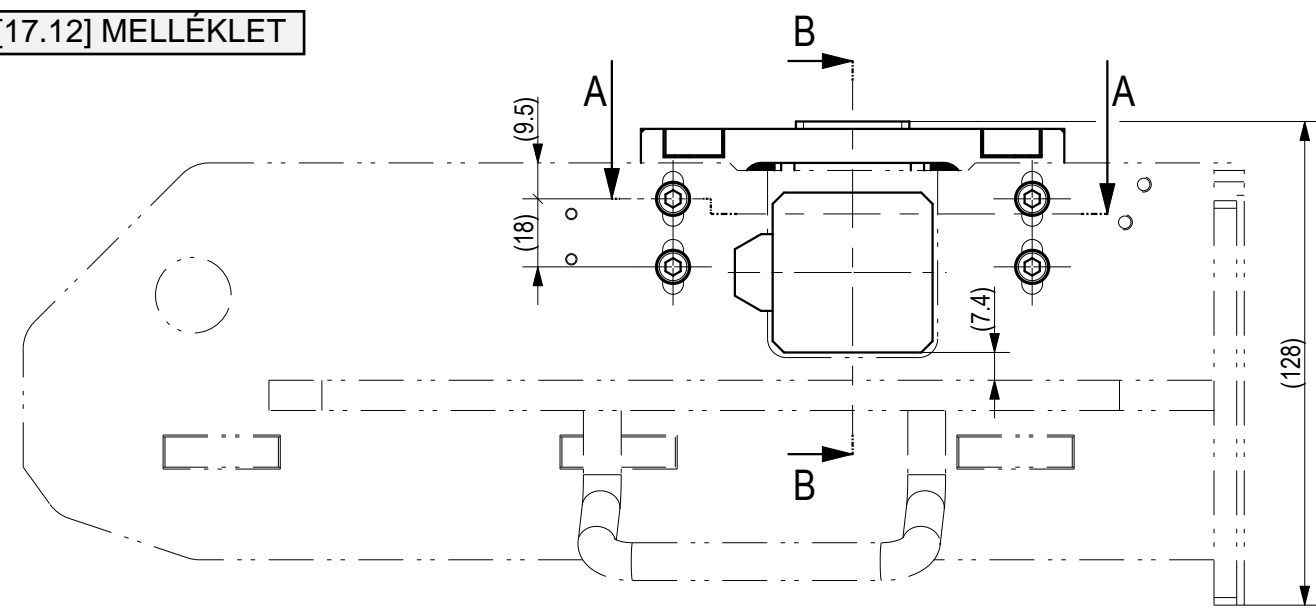


CB-08-62-00

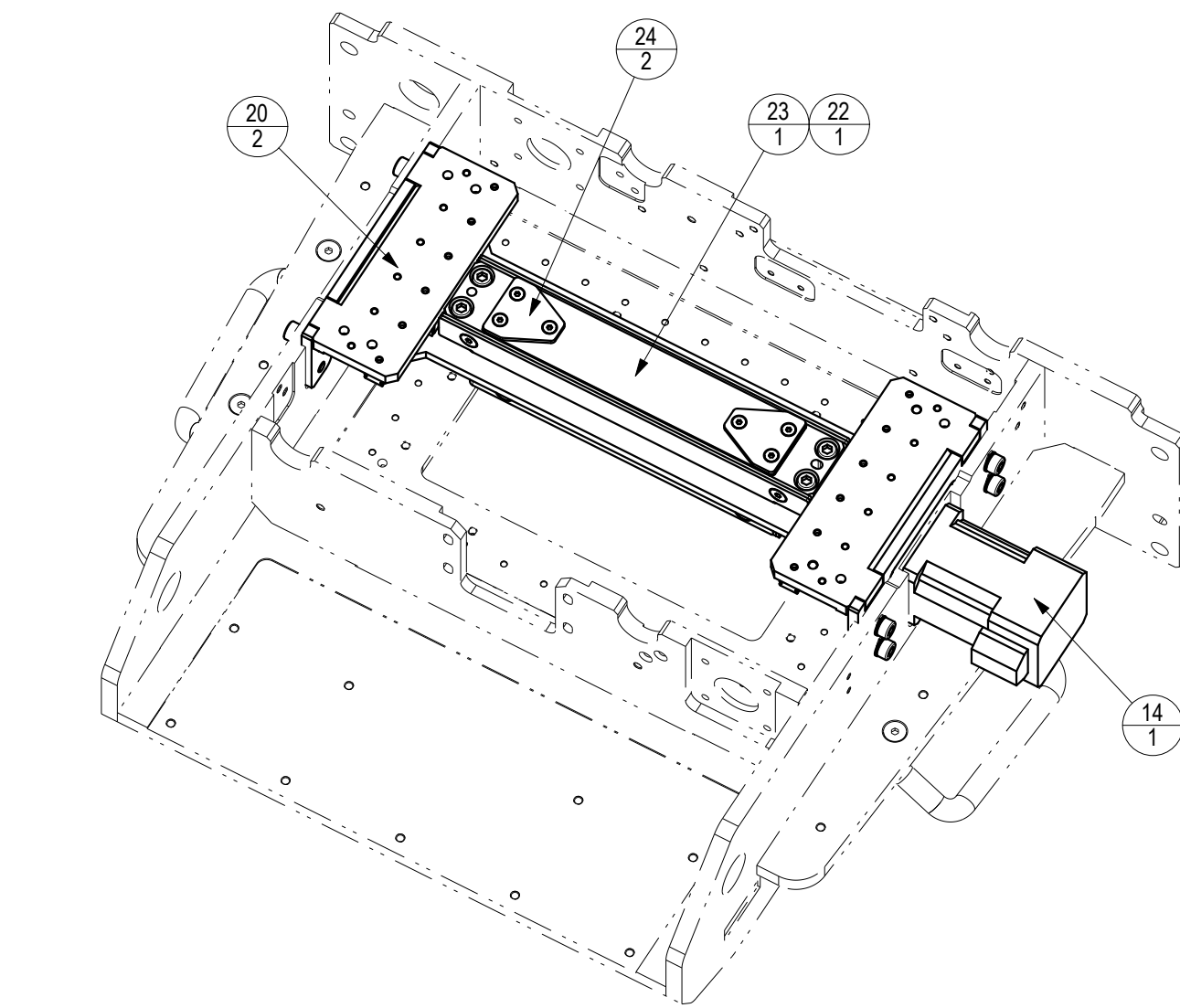


Pos.	<Tsz>	Pcs.	<Db>	Drawing number	<Rajzszám>	Name	<Megnevezés>	Material	<Anyag>	Dimension	<Méret>
21	4			CB-08-63-35		Tungsten support plate, machined					
						Volfrám tartó lemez, megmunkált					
20	4			CB-08-63-33		Clamping plate		AISI1MgMn ENAW6082,EN573-3		2	
						Leszorító lemez					
19	2			CB-08-63-31		Tungsten plate, Cone angle		Volfram - Pure (Vegyztiszta)		1	
						Volfrám lemez, Cone szög					
18	2			CB-08-63-20		Magnet support plate, machined					
						Mágnes tartó lemez, megmunkált					
17	2			CB-08-63-10		Connector, machined					
						Összekötő elem, megmunkált					
16	2			CB-08-63-03		Magnetic tape support plate		AISI1MgMn ENAW6082,EN573-3		2	
						Mágnes szalag tartó lemez					
15	2			CB-08-63-02		Spacer block		AISI1MgMn ENAW6082,EN573-3		44x23x1.5	
						Távartó tömb					
14	2			CB-08-63-01		Spacer plate		X5CrNi18-10-EN10088+1D		1	
						Hézagoló lemez					
13	4			7640-0153		HepcoMotion ball carriage		HepcoMotion		MGL9L	
						HepcoMotion göyös papucs					
12	2			7640-0151		HepcoMotion linear rail		HepcoMotion		MLG9, L110	
						HepcoMotion lineáris vezeték					
11	2			7620-0145		PrimoPal linear stepper motor		PrimoPal		PHBL42E49-4S12	
						PrimoPal lineáris léptetőmotor					
10	6			7534-0410		Parallel Pin (m6)		ISO 8734 A		4x10	
						Illesztőszeg (m6)					
9	8			7534-0406		Parallel Pin (m6)		ISO 8734 A		4x6	
						Illesztőszeg (m6)					
8	8			7413-0400		Schnorr - Locking Disc Spring		RECA 04-94		M4	
						Schnorr alátét					
7	14			7413-0300		Schnorr - Locking Disc Spring		RECA 04-94		M3	
						Schnorr alátét					
6	16			7091-0310		Hexagon Socket Cs. Head Screw		DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x10	
						Bk. Sf. csavar					
5	22			7091-0306		Hexagon Socket Cs. Head Screw		DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x6	
						Bk. Sf. csavar					
4	8			7062-0408		Hexagon Socket Head Cap Screw		ISO 4762 (8.8 +Zn)		M4x8	
						Bk. csavar					
3	6			7062-0310		Hexagon Socket Head Cap Screw		ISO 4762 (8.8 +Zn)		M3x10	
						Bk. csavar					
2	20			7062-0306		Hexagon Socket Head Cap Screw		ISO 4762 (8.8 +Zn)		M3x6	
						Bk. csavar					
1	2			5130-0101		PrimoPal anti-backlash nut		PrimoPal		-	
						PrimoPal játéktelmentes anya					

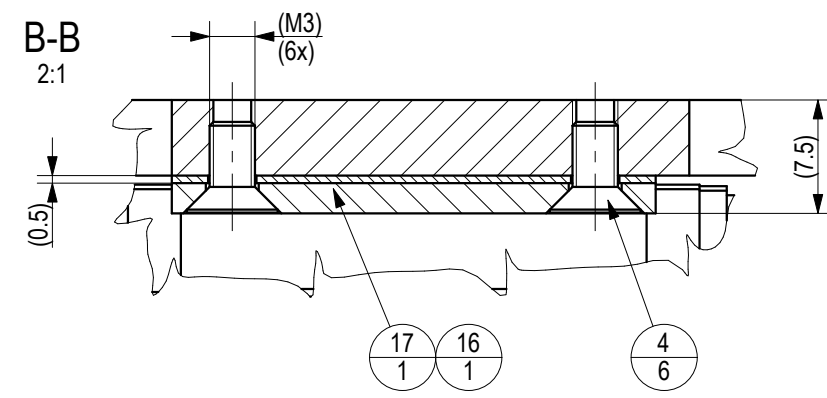
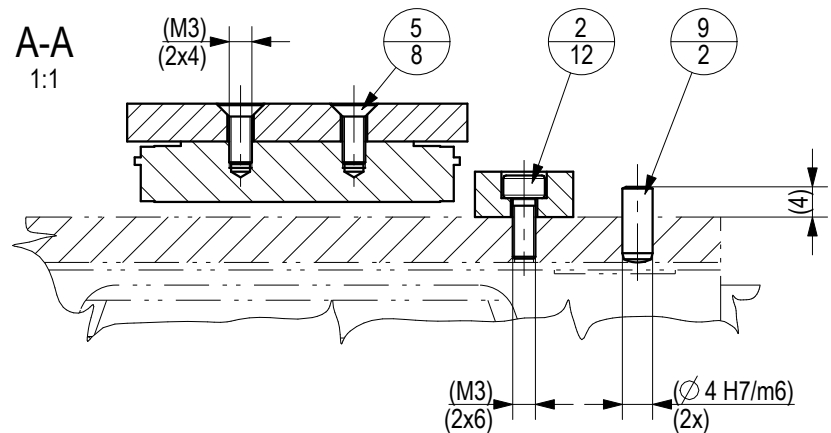
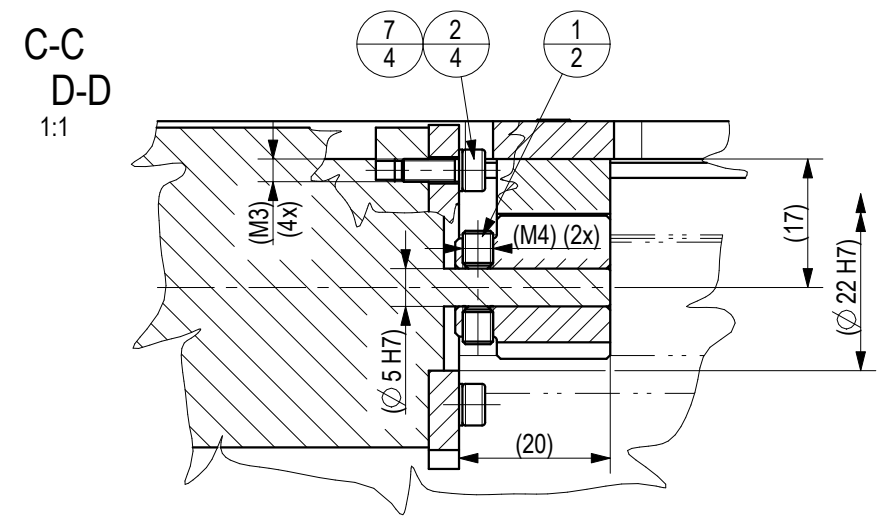
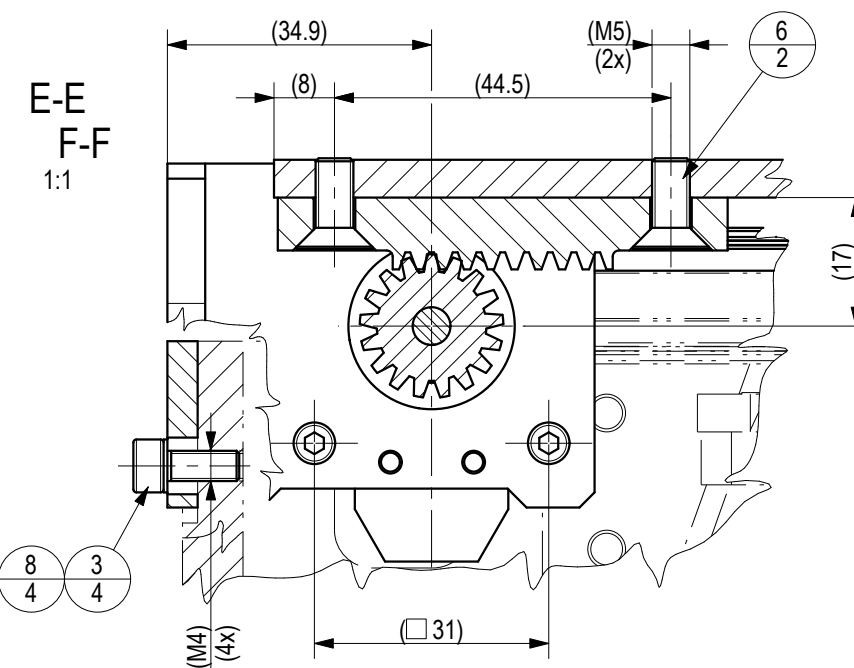
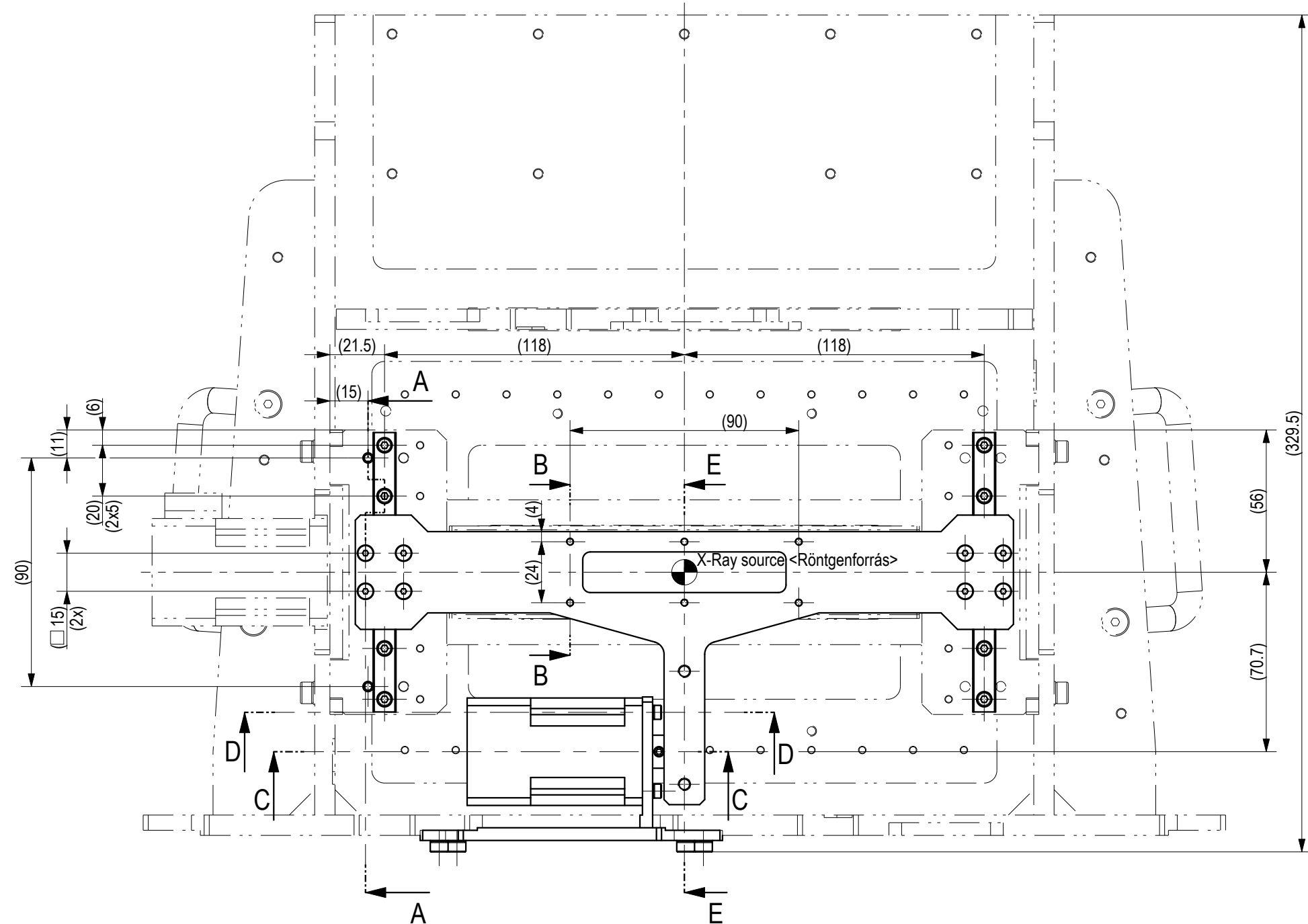
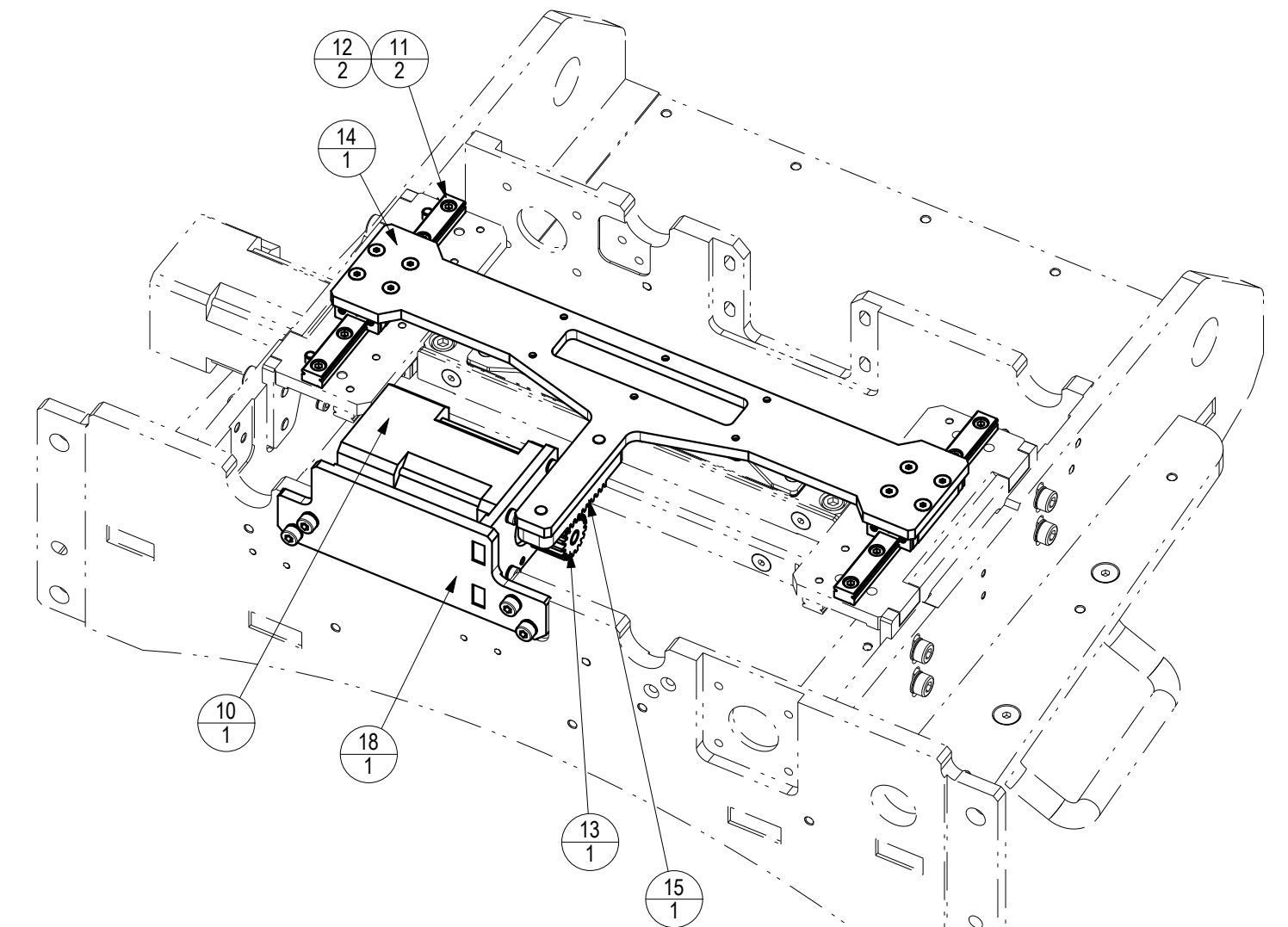
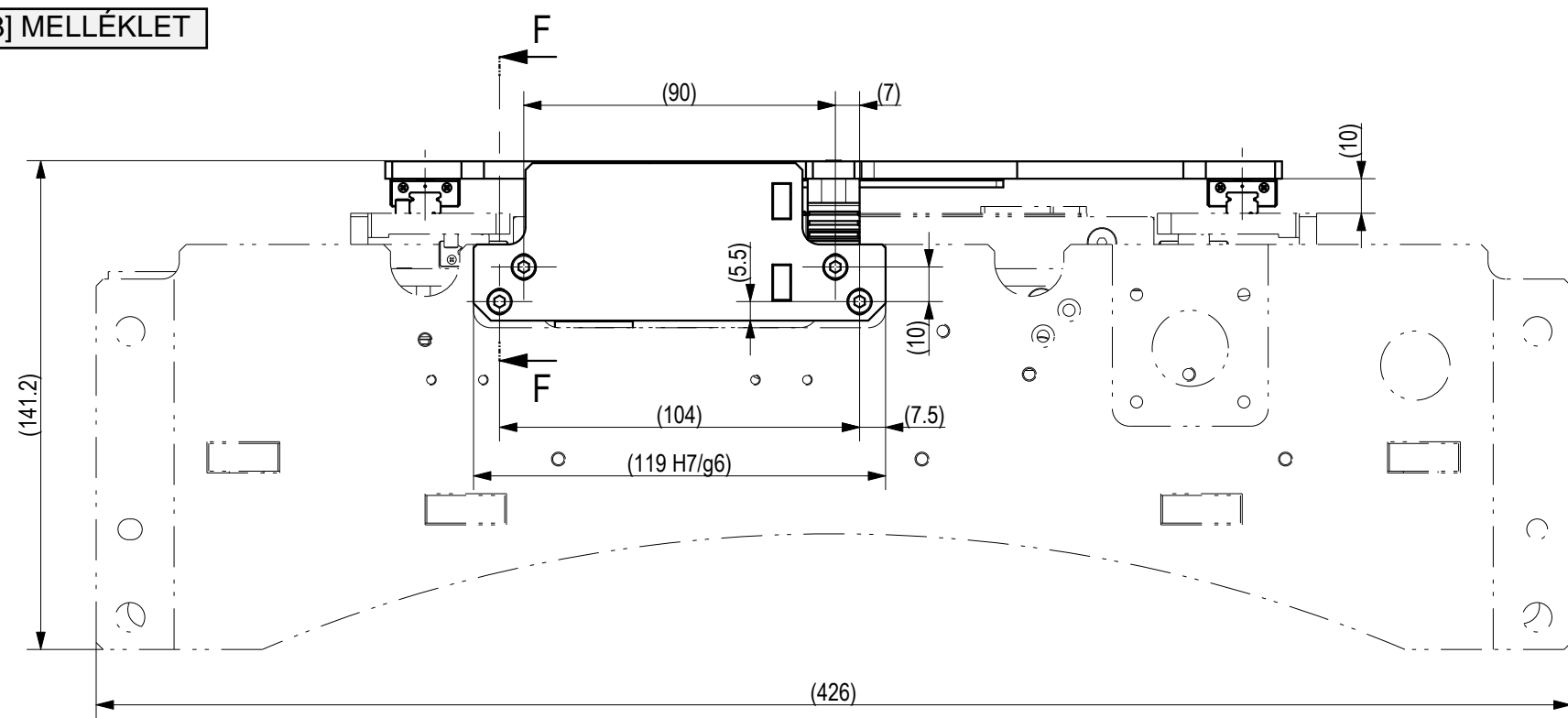
Rev.	<Vált>	Amount	<db>	ECN	Description	<Leírás>	Date	<Dátum>	Change	<Módosítás>	Controller	<Ellenőr>			
Designer	<Tervező>	Barcsik Kristóf		Controller	<Ellenő>	Támcsu Zsolt		Name				<Megnevezés>			
Date	<Dátum>	2023.10.20.		Approved	<Jóváhagyva>			Name				<Megnevezés>			
First ECN	<Első ECN>	MD-1262		Format	<Formátum>	A2		Material				<Materiál Standard - Dimension Standard - Anyag - Anyagszabvány - Méretszabvány>			
General tolerances	<Általános tűrések>	MSZ ISO 2768-mH		Size	<Méret>	METRIC		Projection				<Vetítés>			
Shall comply with RoHS (2011/65/EU) directive. Meg kell felelnie az RoHS (2011/65/EU) direktíva követelményeinek.								RoHS		Mass	<Tömeg> (kg)	2.006	Scale	<Mértéarány>	1:2
Copyright MEDISO All rights reserved. It is loaned confidentially and must not be used in any way detrimental to our interest! Refer to protection notice ISO 16016. A dokumentum a MEDISO Kft. védett tulajdona. A MEDISO Kft. jóváhagyása nélkül bármilyen elhárító felhasználása TILOS! Szerzői jog fenntartva ISO 16016.								Creo		Revision	<Változat>	1.0	Page	<Lapszám>	1/1



Pos.	Típus	Pcs.	Db.	Drawing number	Rajzszám	Name	Megnevezés	Material	Anyag	Dimension	Méret
27	2	2	2	CB-08-64-28	2	Bowtie lead cover, lead plate I.	Bowtie ólom burkolat, ólomlemez I.	PbSb4 - MSZ22677-82		1.5	
26	2	2	2	CB-08-64-27	2	Bowtie ólom burkolat, ólomlemez II.	Bowtie ólom burkolat, ólomlemez II.	PbSb4 - MSZ22677-82		1.5	
25	2	2	2	CB-08-64-26	2	Bowtie lead cover, lead plate I.	Bowtie ólom burkolat, ólomlemez I.	DC01-EN10130		1.5	
24	2	2	2	CB-08-64-24	2	Bowtie lead cover, base plate	Bowtie ólom burkolat, alaplemez	AISI1MgMn ENAW6082,EN573-3		2	
23	1	1	1	CB-08-64-23	1	Clamping plate	Leszorító lemez	Cu-ETP -EN13601		0.46	
22	1	1	1	CB-08-64-22	1	Copper foil E-Cu58	Réz fólia E-Cu58	A99.5-ENAW1050A		0.5	
21	1	1	1	CB-08-64-21	1	Aluminium foil	Alumínium fólia	TEFZEL EFTE HT-2181		30.4	
20	2	2	2	CB-08-64-10	2	Combined Bowtie filter	Kombinált Bowtie filter	-		-	
19	1	1	1	CB-08-64-03	1	Bowtie and filter plate support, machined	Bowtie és szűrőlemez tartó, megmunkált	16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		z=17, m=1	
18	1	1	1	CB-08-64-02	1	Gear wheel	Fogaskerék	16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		m=1	
17	1	1	1	CB-08-64-01	1	Gear rack	Fogaskerék	AISI1MgMn ENAW6082,EN573-3		5	
16	2	2	2	7640-0153	2	Bowtie filter mounting plate	Bowtie filter szerelőlemez	HepcoMotion		MGL9L	
15	2	2	2	7640-0151	2	HepcoMotion ball carriage	HepcoMotion golyós papucs	HepcoMotion		MLG9, L110	
14	1	1	1	7620-0143	1	HepcoMotion linear rail	HepcoMotion lineáris vezető	PrimoPal		PHSM42S51-410-210EC	
13	4	4	4	7534-0410	4	PrimoPal closed-loop stepper motor	PrimoPal zárt hurkú léptetőmotor	ISO 8734 A		4x10	
12	4	4	4	7480-0500	4	Parallel Pin (m6)	Illesztőszeg (m6)	DIN 7980 (Spr.+Zn)		M5	
11	8	8	8	7413-0500	8	Spring Lock with Cylindr. Head	Rugós alátét	RECA 04-94		M5	
10	4	4	4	7413-0300	4	Schnorr - Locking Disc Spring	Schnorr alátét	RECA 04-94		M3	
9	4	4	4	7401-0500	4	Schnorr alátét	Schnorr alátét	ISO 7089 A (St.+Zn)		M5	
8	2	2	2	7091-0512	2	Plain Washer Without Chamfer	Lapos alátét	DIN 7991 (08.8 +Zn)		M5x12	
7	14	14	14	7091-0408	14	Hexagon Socket Cs. Head Screw	Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)		M4x8	
6	8	8	8	7091-0308	8	Hexagon Socket Cs. Head Screw	Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x8	
5	6	6	6	7091-0306	6	Hexagon Socket Cs. Head Screw	Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x6	
4	4	4	4	7062-0516	4	Hexagon Socket Head Cap Screw	Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)		M5x16	
3	8	8	8	7062-0512	8	Hexagon Socket Head Cap Screw	Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)		M5x12	
2	16	16	16	7062-0306	16	Hexagon Socket Head Cap Screw	Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)		M3x6	
1	2	2	2	7026-0405	2	Hex. Socket Set Screw - Flat Point	Bk. heryőcsavar lapos véggel	ISO 4026 (45H +Zn)		M4x05	

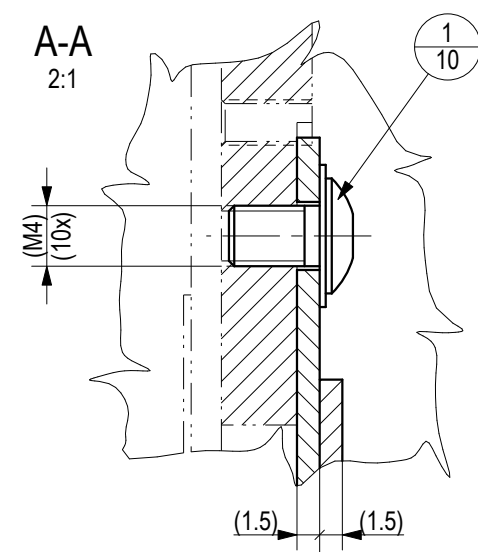
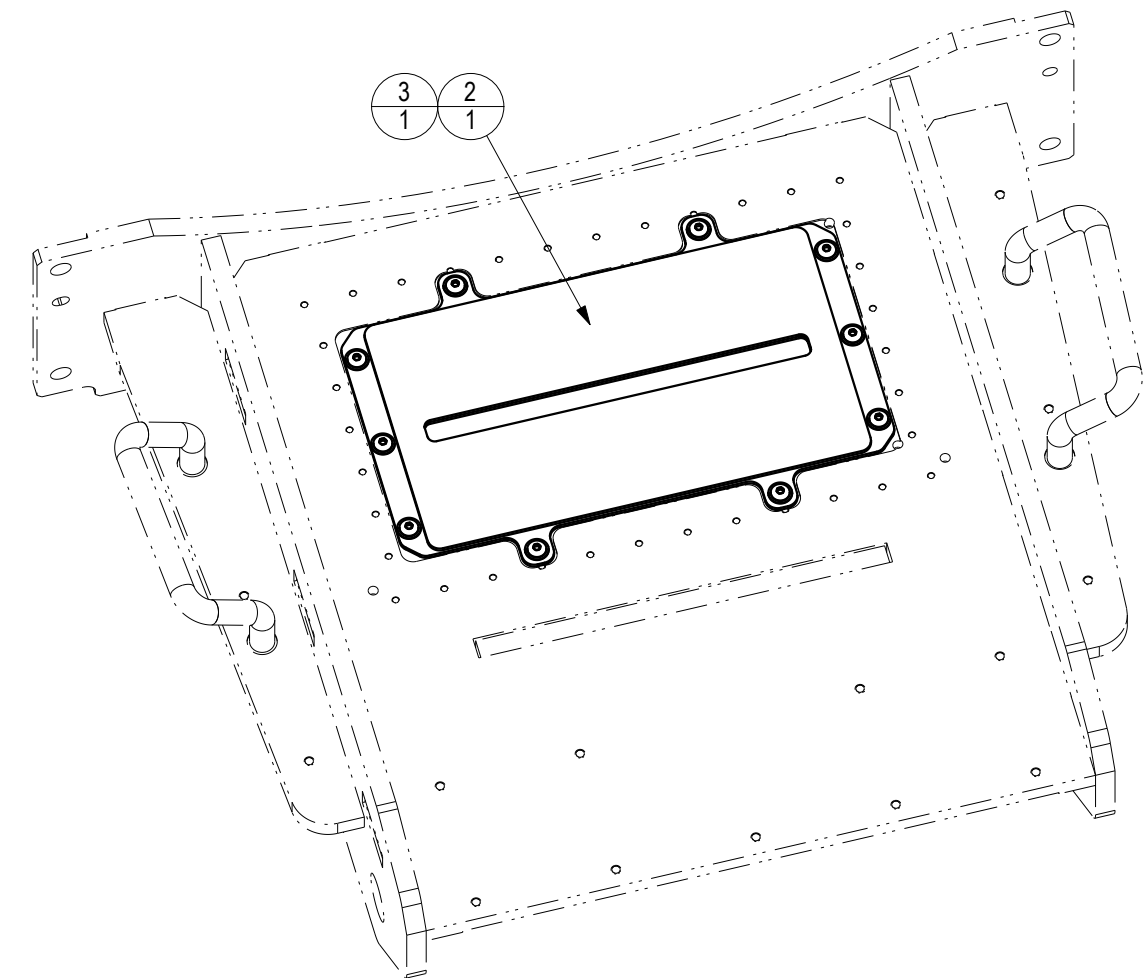
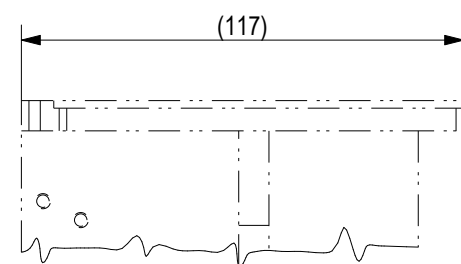
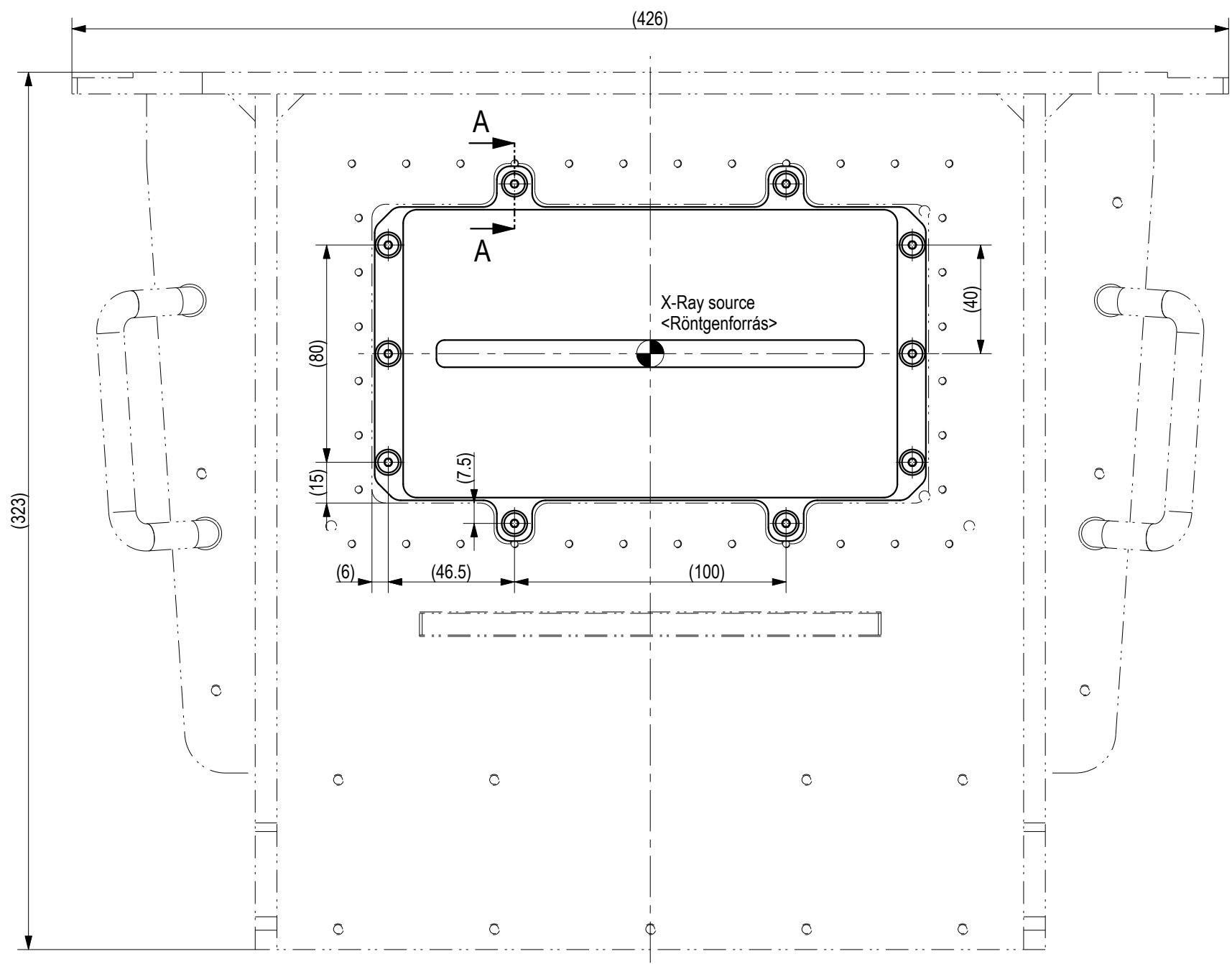


Rev. <Válto>	Amount <db>	ECN	Description <Leírás>	Date <Dátum>	Change <Módosítás>	Controller <Ellenőrz>
Designer <Tervező>	Controller <Ellenőrz>		Name <Megnevezés>	Date <Dátum>		
Barcsik Kristóf	Támcsu Zsolt		NG CT Collimator, Bowtie filter, assembled	2023.10.20.		
Date <Dátum>	Approved < Jóváhagyva>		<NG CT Kollimátor, Bowtie filter, szerelt>	2023.10.20.		
First ECN <Első ECN>	Format <Formátum>	Material - Material Standard - Dimension Standard <Anyag - Anyagszabvány - Méretszabvány>		Projection <Vetítés>	Scale <Méretarány>	
MD-1262	A2	-		METRIC	1:2	
MSZ ISO 2768-mH	Size <Méret>	Shall comply with RoHS (2011/65/EU) directive. Meg kell felelnie az RoHS (2011/65/EU) direktíva követelményeinek.		RoHS	Mass <Tömeg> (kg)	Scale <Méretarány>
					2.441	1:2
Copyright MEDISO All rights reserved. It is loaned confidentially and must not be used in any way detrimental to our interests! Refer to protection notice ISO 16016. A dokumentum a MEDISO Kft. védett tulajdona. A MEDISO Kft. jóváhagyása nélkül bármilyen eltolás felhasználása TILOS! Szerző jog fenntartva ISO 16016.				Crea		1/1
3D model name <3D model neve>: BK KOLLIMATOR_BOWTIE_BEEP 3D drawing name <3D rajz neve>: BK KOLLIMATOR_BOWTIE_BEEP						



Pos.	<Tsz>	Pcs.	<Db>	Drawing number	<Rajzszám>	Name	<Megnevezés>	Material	<Anyag>	Dimension	<Méret>
18	1	CB-08-65-10		Filter plate motor support, machined		Szűrőlemez motor tartó, megmunkált					
17	1	CB-08-65-04		Clamping plate		Leszorító lemez		AlSi1MgMn ENAW6082,EN573-3		2	
16	1	CB-08-65-03		Filter plate		Szűrőlemez		Cu-ETP -EN13601		0.46	
15	1	CB-08-65-02		Gear rack		Fogasléc		16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		m=1	
14	1	CB-08-65-01		Filter plate mounting plate		Szűrőlemez szerelőlemez		AlSi1MgMn ENAW6082,EN573-3		5	
13	1	CB-08-64-03		Gear wheel		Fogaskerék		16MnCr5-MSZ EN ISO 683-3		z=17, m=1	
12	2	7640-0153		HepcoMotion ball carriage		HepcoMotion göyös papucs		HepcoMotion		MGL9L	
11	2	7640-0151		HepcoMotion linear rail		HepcoMotion lineáris vezető		HepcoMotion		MLG9, L110	
10	1	7620-0143		PrimoPal closed-loop stepper motor		PrimoPal zárt hurkú léptetőmotor		PrimoPal		PHSM42S51-410-210EC	
9	2	7534-0410		Parallel Pin (m6)		Illesztőszeg (m6)		ISO 8734 A		4x10	
8	4	7413-0400		Schnorr - Locking Disc Spring		Schnorr alátét		RECA 04-94		M4	
7	4	7413-0300		Schnorr - Locking Disc Spring		Schnorr alátét		RECA 04-94		M3	
6	2	7091-0512		Hexagon Socket Cs. Head Screw		Bk. Sf. csavar		DIN 7991 (08.8 +Zn)		M5x12	
5	8	7091-0308		Hexagon Socket Cs. Head Screw		Bk. Sf. csavar		DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x8	
4	6	7091-0306		Hexagon Socket Cs. Head Screw		Bk. Sf. csavar		DIN 7991 (08.8 +Zn)		M3x6	
3	4	7062-0410		Hexagon Socket Head Cap Screw		Bk. csavar		ISO 4762 (8.8 +Zn)		M4x10	
2	16	7062-0308		Hexagon Socket Head Cap Screw		Bk. csavar		ISO 4762 (8.8 +Zn)		M3x8	
1	2	7026-0405		Hex. Socket Set Screw - Flat Point		Bk. heryőcsavar lapos véggel		ISO 4026 (45H +Zn)		M4x05	

Rev.	<Válto>	Amount	<db>	ECN	Controller	<Előző>	Name	<Megnevezés>	Date	<Dátum>	Change	<Módosítás>	Controller	<Előző>	
Design	<Tervező>	Barcsik Kristóf		ECN	Control	<Ellenőző>	NG CT Collimator, Filter plate, assembled		2023.10.20.						
Date	<Dátum>	2023.10.20.		Approved	<Jóváhagyva>	Támcsu Zsolt	<NG CT Kollimátor, Szűrőlemez, szerelt>								
First ECN	<Első ECN>	MD-1262		Format	<Formátum>	A2	Material - Material Standard - Dimension Standard								
General tolerances	<Általános tűrések>	MSZ ISO 2768-mH		Size	<Méret>	METRIC	Material - Material Standard - Dimension Standard								
Copyright MEDISO All rights reserved. It is loaned confidentially and must not be used in any way detrimental to our interests. Refer to protection notice ISO 16016. A dokumentum a MEDISO Kft. védett tulajdona. A MEDISO Kft. jóváhagyása nélküli bármilyen célú felhasználása TILOS! Szerző jog fenntartva ISO 16016.		Shall comply with RoHS (2011/65/EU) directive. Meg kell felelnie az RoHS (2011/65/EU) direktiva követelményeinek.		RoHS		Mass	<Tömeg>	kg	1.025	Scale	<Mértéarány>	1:2	Revision	<Változat>	1.0
3D model name <3D model neve>: BK_KOLLIMATOR_SZLEM_BEEP		3D drawing name <3D rajz neve>: BK_KOLLIMATOR_SZLEM_BEEP		Creo		Page	<Lapszám>	1/1							



The steel and lead plates are glued together with Epoxy-base adhesive glue.
 <Az acél és ólom lemez epoxi-bázisú ragasztóval ragasztva.>

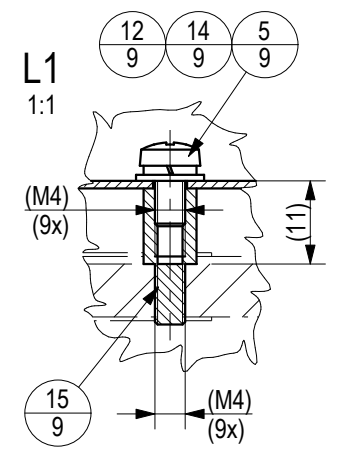
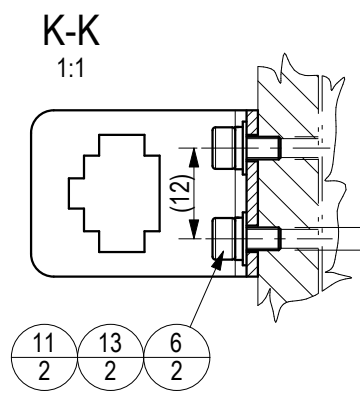
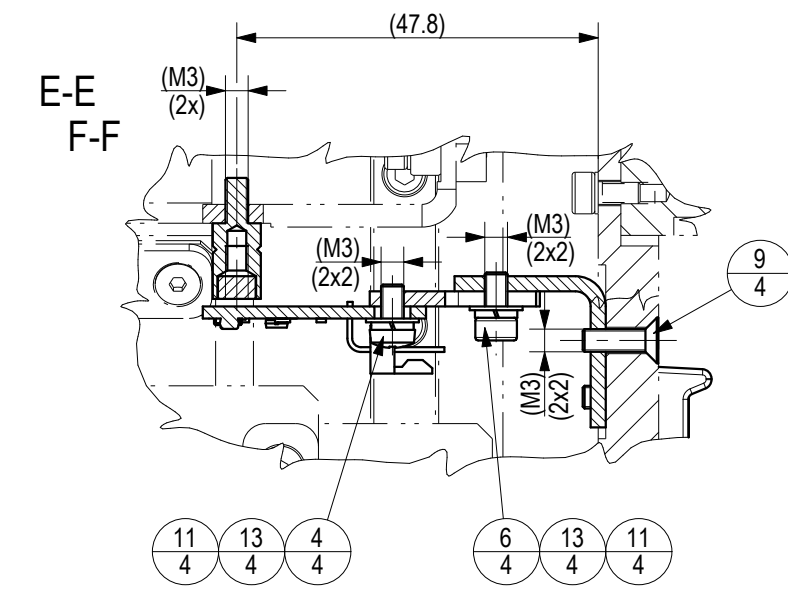
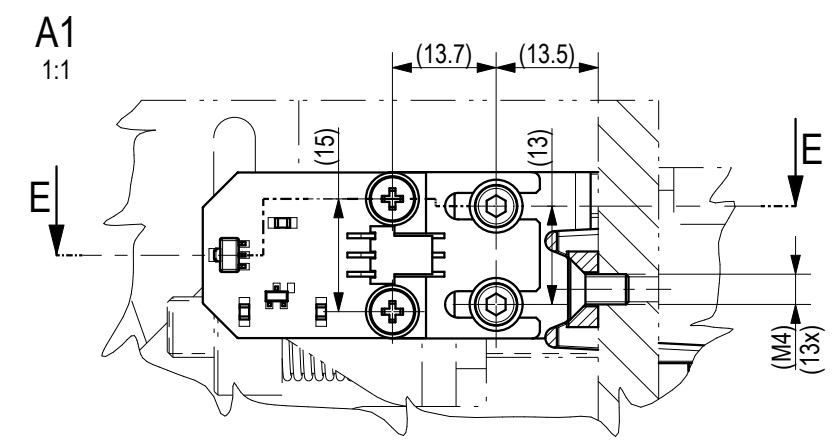
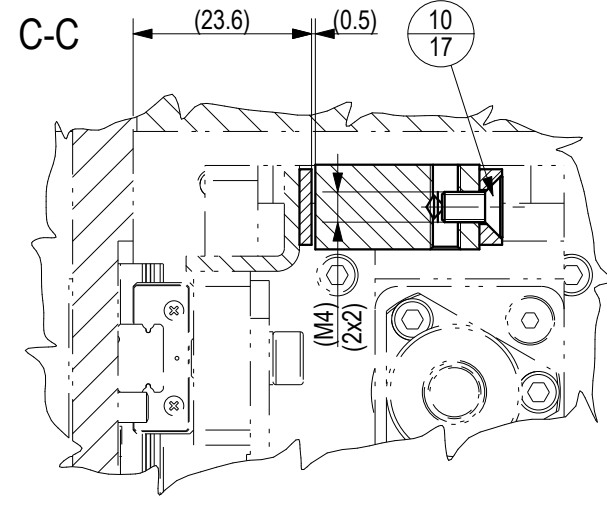
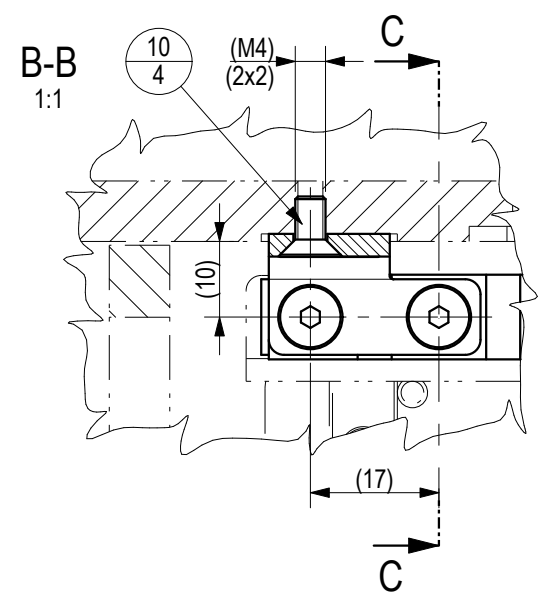
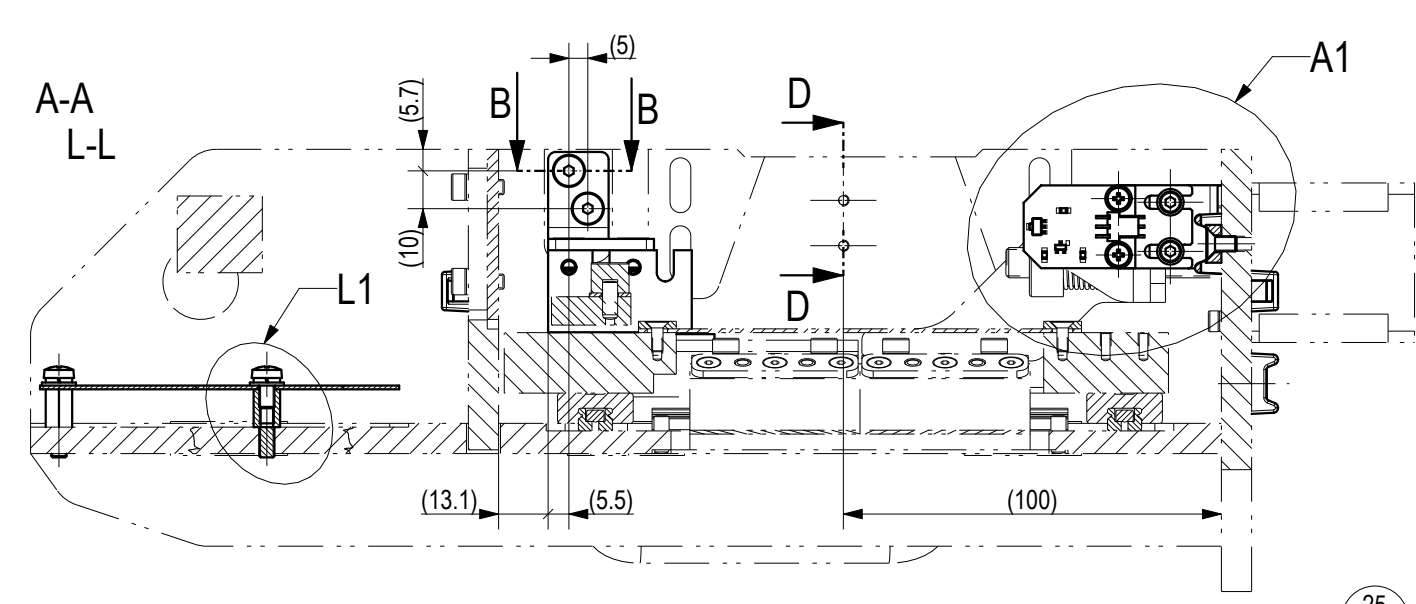
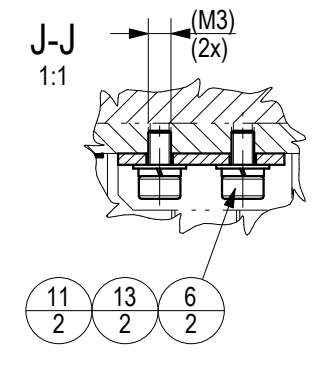
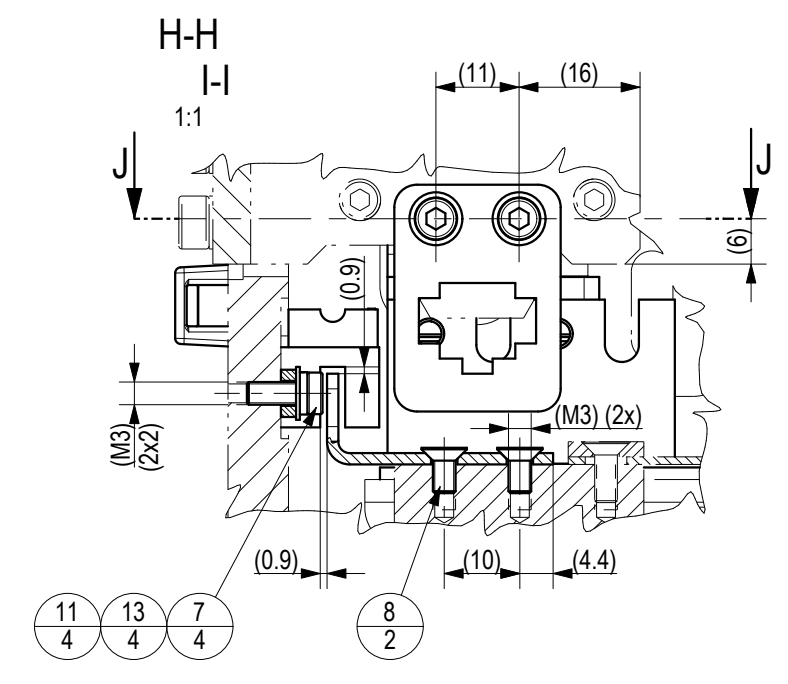
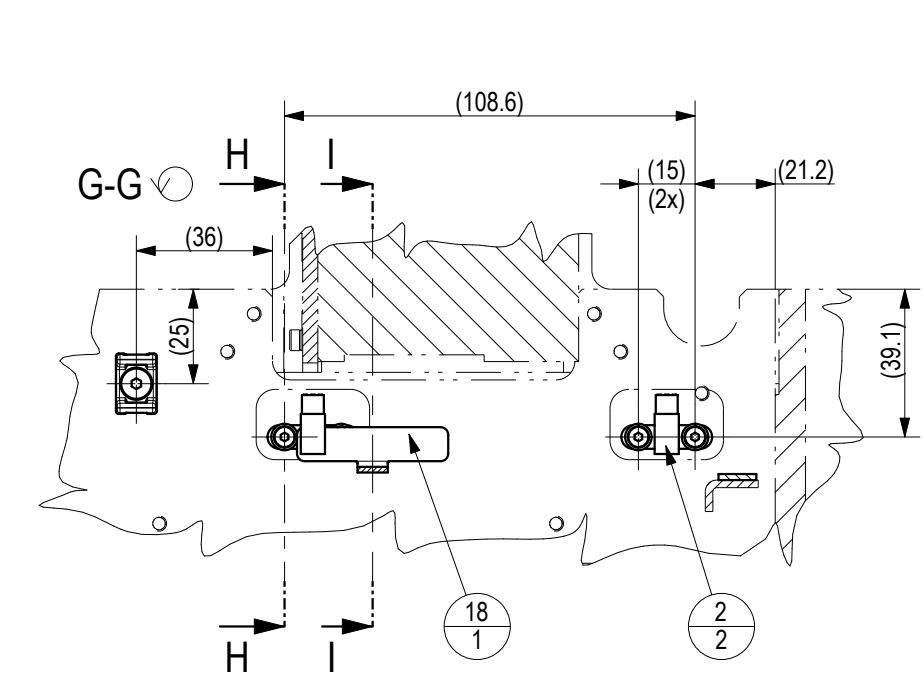
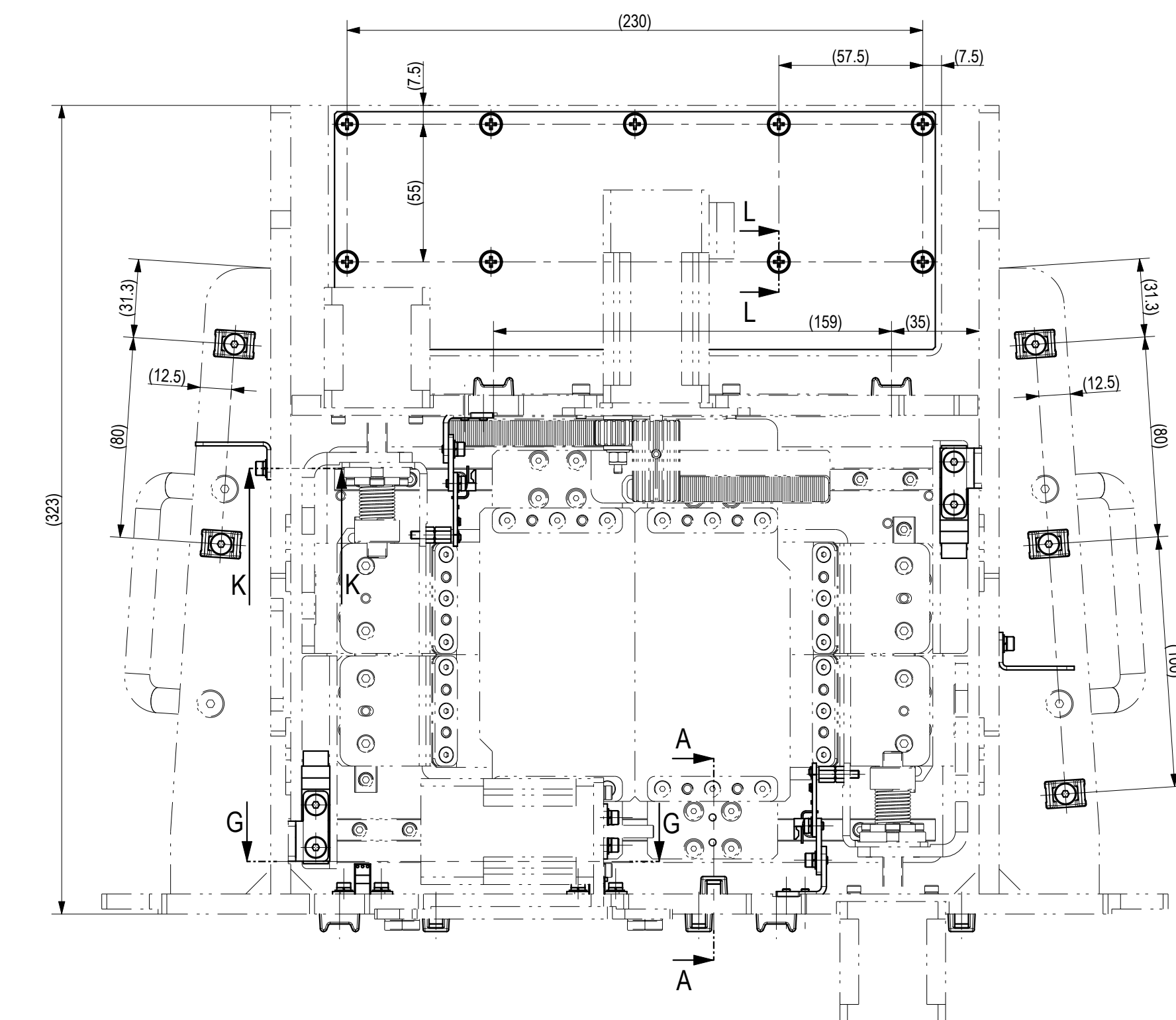
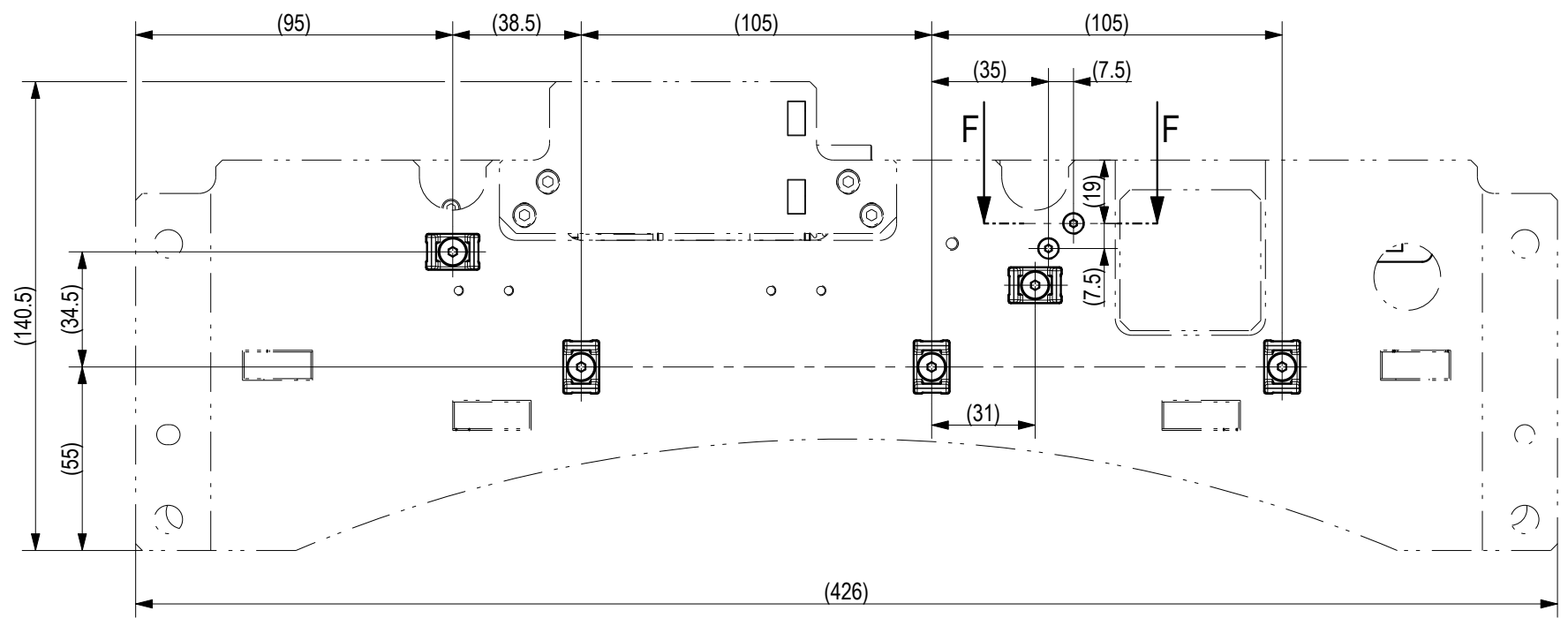
Pos.	Tsz.	Pcs.	Db.	Drawing number	Rajzszám	Name	Megnevezés	Material	Anyag	Dimension	Méret
3	1			CB-08-66-12		Lead plate	Ólom lemez	PbSb4 - MSZ2677-82		1.5	
2	1			CB-08-66-11		Lead support plate	Ólom tartó lemez	DC01-EN10130		1.5	
1	10			7380-0406		Hex.Soc.But.Hd.Cap Screw - Flange	Bk. df. peremes csavar	ISO 7380 FL - (10.9 +Zn)		M4x6	

Rev.	Vált.	Amount	db.	ECN	Description	Leírás	Date	Dátum	Changed	Módosított	Controller	Ellenőr
					NG CT Collimator, Lead shielding, assembled							
					Barcsik Kristóf	Támcsu Zsolt						
					2023.10.20.							
					MD-1262	A3 METRIC						
					MSZ ISO 2768-mH							

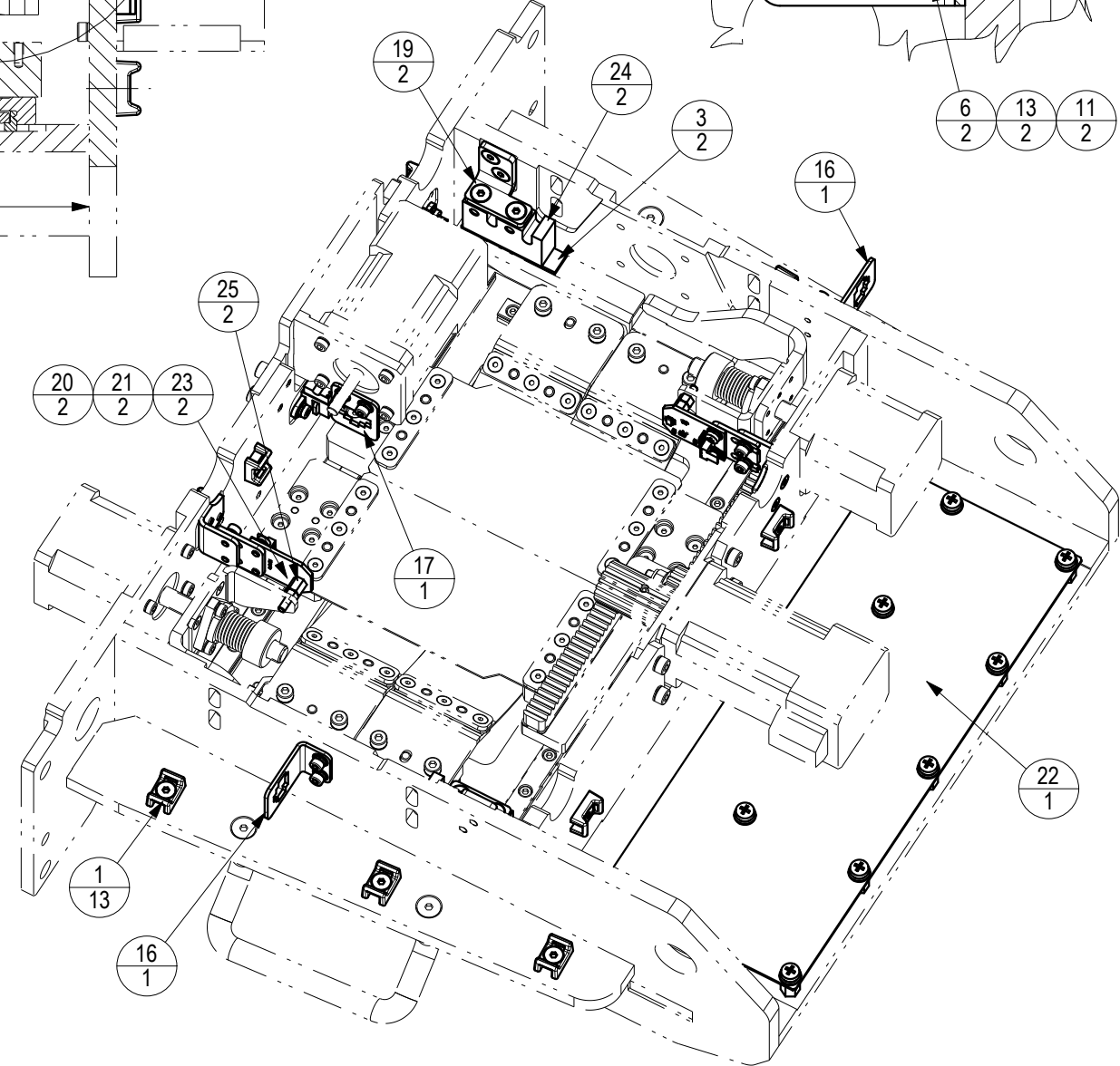
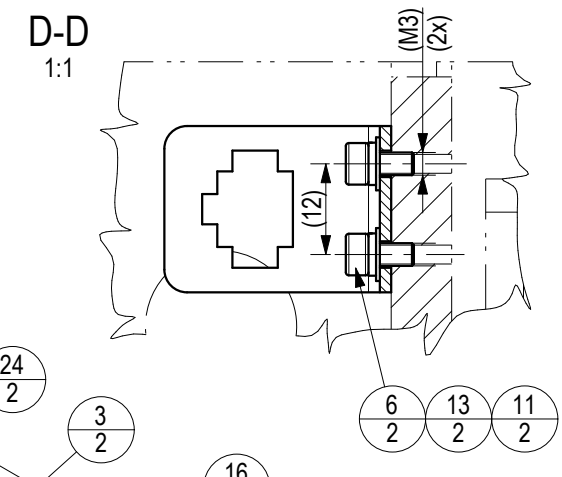
Mediso
 Medical Imaging Systems

Drawing Number <Rajzszám>:
CB-08-66-00

Scale <Méretarány>: 1:2
 Revision <Változat>: 1.0
 Page <Lapszám>: 1/1

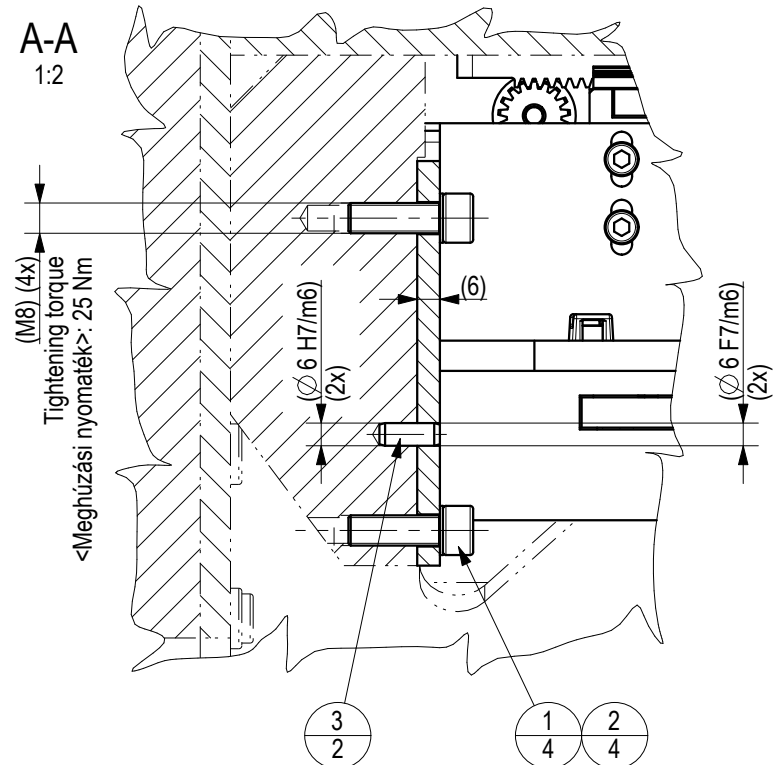
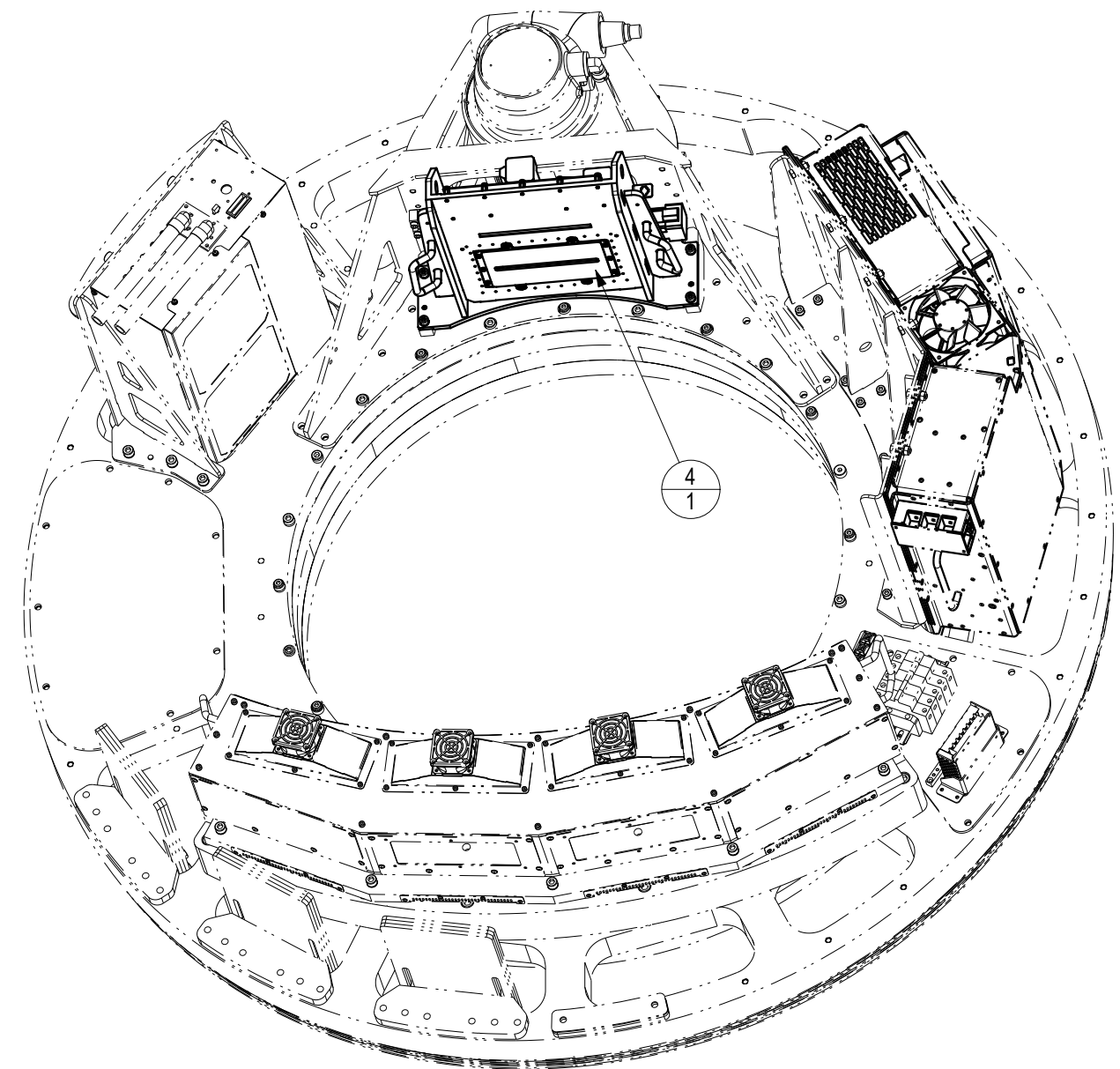
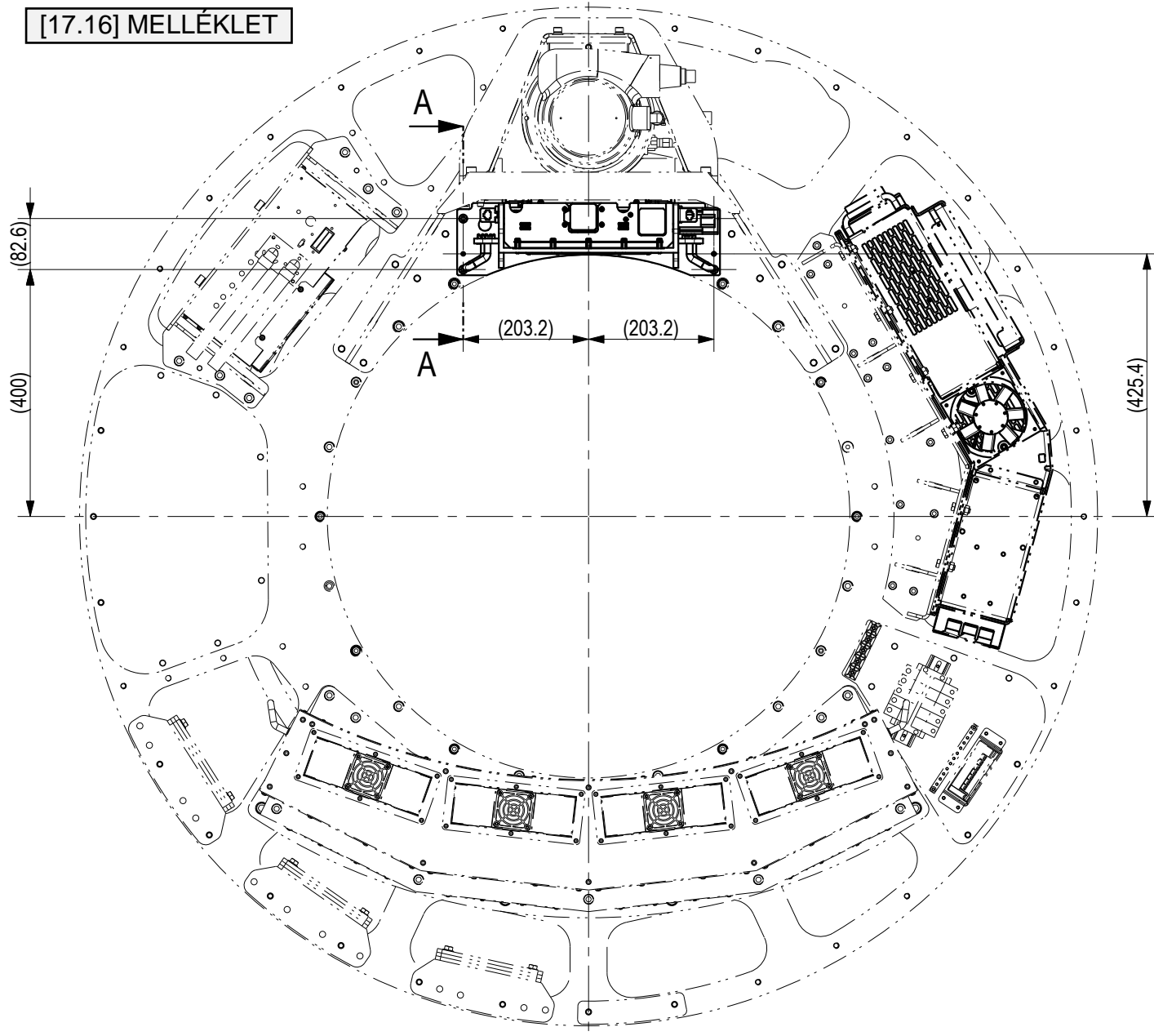


[17.15] MELLÉKLET



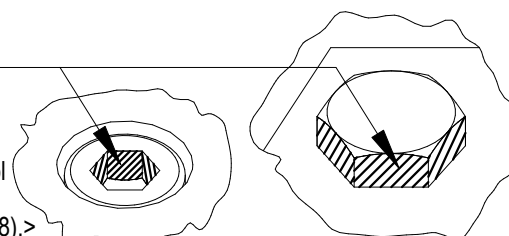
Pos.	<Tsz>	Pcs.<Db>	Drawing number <Rajzszám>	Name <Megnevezés>	Material <Anyag>	Dimension <Méret>
25	2		VG-09-04-00	Magnetic spacer (+) M3x10 Mágneses távtartó (+) M3x10		
24	2		SF-03-19-14	Magnet encoder, holes Mágnes enkóder, furatolás		
23	2		EL-20-53-10	HS1 Bd. (Home sensor) HS1 Bd. (Home sensor)		
22	1		EL-08-67-90	Collimator control panel Kollimátor vezérlő panel		
21	2		CB-08-67-06	Hall sensor support plate I. Hall szenzor tartó lemez II.	S235JR+N-EN10025-2	2
20	2		CB-08-67-05	Hall sensor support plate I. Hall szenzor tartó lemez I.	S235JR+N-EN10025-2	2
19	2		CB-08-67-04	Encoder support Enkóder tartó	S235JR+N-EN10025-2	3
18	1		CB-08-67-03	Sensor plate Szenzor lemez	DC01-EN10130	1.5
17	1		CB-08-67-02	Connector support plate I. Csatlakozó tartó lemez I.	DC01-EN10130	1.5
16	2		CB-08-67-01	Connector support plate II. Csatlakozó tartó lemez II.	DC01-EN10130	1.5
15	9		7500-0410	Stand offs with External and Internal Thread Külső- Belsőmenetes távtartó	NCN 3318 (St +Zn)	M4/M4-10
14	9		7480-0400	Spring Lock with Cylindr. Head Rugós alátét	DIN 7980 (Spr.+Zn)	M4
13	18		7480-0300	Spring Lock with Cylindr. Head Rugós alátét	DIN 7980 (Spr.+Zn)	M3
12	9		7401-0400	Plain Washer Without Chamfer Lapos alátét	ISO 7089 A (St.+Zn)	M4
11	18		7401-0300	Plain Washer Without Chamfer Lapos alátét	ISO 7089 A (St.+Zn)	M3
10	21		7091-0408	Hexagon Socket Cs. Head Screw Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)	M4x8
9	4		7091-0310	Hexagon Socket Cs. Head Screw Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)	M3x10
8	2		7091-0306	Hexagon Socket Cs. Head Screw Bk. Sf. csavar	DIN 7991 (08.8 +Zn)	M3x6
7	4		7084-0308	Hex. Socket Head Cap Screw - Low Head Bk. Laposfejű csavar	DIN 7984 (8.8 +Zn)	M3x8
6	10		7062-0306	Hexagon Socket Head Cap Screw Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)	M3x6
5	9		7045-0408	Cross Recessed Pan Head Screw Kereszthomys df. csavar	ISO 7045 (4.8 +Zn)	M4x8
4	4		7045-0306	Cross Recessed Pan Head Screw Kereszthomys df. csavar	ISO 7045 (4.8 +Zn)	M3x6
3	2		5101-0019	Magnet ribbon Mágnés szalag		
2	2		5042-0311	HALL sensor HALL szenzor	SR17C-J6 0340	
1	13		5012-0014	Cable clip, screwable Kábelkötőgő talp csavarozható		16x11 M4

Rev. <Válto>	Amount <db>	ECN	Description <Leírás>	Date <Dátum>	Change <Módosítás>	Controller <Ellenőz>
Designer <Tervező>	Controller <Ellenőz>		Name <Megnevezés>	Date <Dátum>		
Barcsik Kristóf	Támcsu Zsolt		NG CT Collimator, Electronics, assembled	2023.10.20.		
Date <Dátum>	Approved < Jóváhagyás>		<NG CT Kollimátor, Elektronika, szerelt>	Material - Material Standard - Dimension Standard <Anyag - Anyagszabvány - Méretszabvány>		
2023.10.20.				Projection <Vetítés>		
First ECN <Első ECN>	Format <Formátum>			Scale <Méretarány>		
MD-1262	A2			1:2		
General tolerances <Általános tűrések>	Size <Méret>			Revision <Változás>		
MSZ ISO 2768-mH	M3x10			1.0		
			Shall comply with RoHS (2011/65/EU) directive. Meg kell felelnie az RoHS (2011/65/EU) direktíva követelményeinek.	Page <Lapszám>		
			RoHS	1/1		
			Mass <Tömeg> (kg): 0.324			
			Creo			



After tightening mark:
<A nyomatokra húzás utáni jelölés:>

Min. 3 side by side hexagonal surfaces of the pretensioned screws must be painted with white office correction fluid (IFS 4601-0058).
<Nyomatokra húzott csavarok hatlapú felületeiből legalább 3 egymás mellett lévő meg kell festeni irodai fehér hibajavító folyadékkal (IFS 4601-0058).>



Pos. <Tsz.>	Pcs. <Db.>	Drawing number <Rajzszám>	Name <Megnevezés>	Material <Anyag>	Dimension <Méret>
4	1	CB-08-60-00	NG CT Collimator, assembled NG CT Kollimátor, szerelt	-	-
3	2	7535-0616	Parallel Pin w. Internal thread Belső Menetes Illesztőszeg	ISO8735A	6x16
2	4	7413-0800	Schnorr - Locking Disc Spring Schnorr alátét	RECA 04-94	M8
1	4	7062-0825	Hexagon Socket Head Cap Screw Bk. csavar	ISO 4762 (8.8 +Zn)	M8x25

Rev. <Vált.>	Amount <db.>	ECN:	Description <Leírás>	Date <Dátum>	Changed <Módosította>	Controller <Ellenőrz.>	
Designer <Tervező>	Barcsik Kristóf	Controller <Ellenőrz.>	Támcsu Zsolt	Name <Megnevezés>			
Date <Dátum>	2023.10.20.	Approved <Jóváhagyva>	NG CT Collimator, mounted <NG CT Kollimátor, beépítés>				
First ECN <Első ECN>	MD-1262	Format <Formátum>	A3 METRIC	Material - Material Standard - Dimension Standard <Anyag - Anyagszabvány - Méretszabvány>			
General tolerances <Általános tűrések>	MSZ ISO 2768-mH	Size <Méret>	-	Shall comply with RoHS (2011/65/EU) directive. Meg kell felelnie az RoHS (2011/65/EU) direktiva követelményeinek.		RoHS	
Mass <Tömeg> (kg)	20.339	Scale <Méretarány>	1:10	Revision <Változat>	1.0	Page <Lapszám>	1/1
Projection <Vetítés>	Creo						
Drawing Number <Rajzszám>			CB-08-03-00				

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: BARCSIK KRISTÓF
A Hallgató Neptun kódja: KLCP6N
A dolgozat címe: KOLLIMÁTOR EGYSÉG FEJLESZTÉSE ÚJGENERÁCIÓS
KLINIKAI CT-HEZ
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: MŰSZAKI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: GÉPSZERKEZETTANI TANSZÉK

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

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

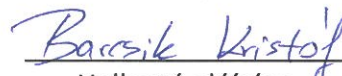
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

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

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

Kelt: 2023 év 10 hó 20 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Barcsik Kristóf (KLCP6N) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2023 október 20.



belső konzulens