

DIPLOMADOLGOZAT

Falvay Balázs
Gépészmérnöki MSc

Gödöllő
2023



Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Péter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: <https://godollo.uni-mate.hu>

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Műszaki fejlesztő specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Falvy Balázs (C5FF55)

részére

A diplomadolgozat címe:

Laboratóriumi 3D filament extrúder tervezése

Feladatkiírás:

Vizsgálati célokra filament alapanyag előállítására alkalmas kisméretű "desktop" polimer extrúder megtervezése. 3D CAD modellezés, gyártástechnológiai tervezés és alapanyagok árkalkulációja. Az eredmény kész gyártási terv.

Közreműködő tanszék: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék


Külső konzulens: Szabó Dávid Balázs ügyféltámogató mérnök, GraphIT Kft., 1027 Budapest, Medve u. 17.

Belső konzulens: Dr. Zsidai László egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2022. 05. hó 09. nap

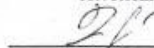
Gödöllő, 2022. 03. hó 06. nap

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)/h.

Átvettem


(hallgató)

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

Gödöllő, 2022. 05. hó 09. nap



(külső konzulens)



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki MSc Szak

Laboratóriumi 3D filament extruder tervezése

Belső konzulens: Dr. Zsidai László
Anyagtudományi és Gépipari
Folyamatok Tanszék
tanszékvezető

Készítette: Falvay Balázs
C5FF55
levelező tagozat

Intézet: Műszaki Intézet

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. Irodalmi áttekintés.....	3
2.1. 3D nyomtatás.....	3
2.1.1. FDM technológia	5
2.1.2. 3D nyomtatott modellek elemzése	8
2.1.3. Filament.....	10
2.2. Polimer, mint anyag	12
2.2.1. Műszaki polimerek.....	13
2.2.2. Polimerek feldolgozási hőmérséklete	14
2.3. Hőre lágyuló polimerek feldolgozási technológiái	16
2.3.1. Kalanderezés	16
2.3.2. Fröccsöntés.....	16
2.3.3. Üreges alkatrészgyártás.....	17
2.3.4. Melegalakítás	19
2.3.5. Extruzió	20
2.4. Piacelemzés	24
3. Tervezés szabványos alkatrészekkel	29
3.1. Extrúder ház kiválasztása	30
3.2. Extrudercsiga kiválasztása	31
3.3. Fúvóka választás	32
3.4. Motor választás	33
3.5. Fűtés tervezése	34
3.6. Hűtés tervezése.....	36
3.7. Szabályozás	37
3.8. Teljes összeállítás	38
3.9. Alegységek bemutatása	39
3.9.1. Extruder alösszeállítás.....	40
3.9.2. Hűtőegység alösszeállítás.....	42
3.9.3. Húzóegység alösszeállítás.....	43
3.9.4. Átmérő ellenőrzés	44
3.9.5. Filament feszítés.....	45
3.9.6. Filament egyenlő elosztó egység	45

4. Egyedi gyártásra tervezett alkatrészek	47
5. Gazdasági számítás.....	54
6. Összegzés	58
Irodalomjegyzék	59
7. Mellékletek.....	65

1. Bevezetés

A mérnökök és a tervezők már több mint 30 éve használnak 3D nyomtatókat, de csak nemrég kerültek be ezek a sokoldalú gépek a köztudatba. A látszólag egyik napról a másikra megugró népszerűségük a hozzáférhetőség növekedésének köszönhető. A legfontosabb tényező, ami ezt lehetővé tette, hogy a 3D nyomtatók ára az elmúlt években jelentősen csökkent. Pár vállalat állt az innováció élére, és fejlesztette ki a korábban ipari méretű gépek finomhangolt asztali változatait. Ennek köszönhetően nagyrészt megfizethető technológiát kaptak a fogyasztók, akik ma is fejlesztik és kutatják az újabbnál újabb felhasználási lehetőségeit a 3D nyomtatásnak.

Konkrét alkalmazástól függetlenül a 3D-nyomtatók gyors átfutási időt kínálnak, amikor egy digitális koncepcióból szinte azonnal fizikai prototípus valósítható meg. Ahogy a körülötte lévő technológia fejlődik, a 3D nyomtatók egyre sokoldalúbbá válnak. Egyre több, és egyre komplexebb feladatra fogják használni őket. Mára már minden iparágba begyűrűzött a technológia legyen szó élelmiszeriparról, orvostudományról vagy akár építészetéről. Ennyi látszólag egymástól független iparágban történő használat és párhuzamos fejlesztés exponenciális fejlődést húz magával.

Azonban, mivel minden nyomtatási esetben gyártásról van szó, rá kell világítani a környezetvédelemre is. A műanyag viszonylag új találmány, a 20. század elején jelent meg. Megjelenése óta azonban a műanyaggyártás exponenciálisan nőtt, az 1950-es évi 2 millió tonnáról 2019-re 460 millió tonnára. Ez 1950 és 2019 között összesen 9,5 milliárd tonna műanyagot jelent, amelyből körülbelül 7 milliárd tonna már hulladékká vált. Ez nem is olyan meglepő, ha figyelembe vesszük, hogy az évente előállított műanyagok akár 50%-a egyszer használatos termékként készül. [1]

Becslések szerint jelenleg 75-199 millió tonna műanyag hulladék található óceánjainkban, és évente további 8 millió tonna műanyag kerül tengeri környezetbe. A műanyagszennyezés az óceán minden egyes centiméterét áthatja - a táplálékláncban lévő mikroműanyagoktól a felszínen úszó műanyag vizes palackokig. Az egyik leghíresebb példa azonban a Nagy Csendes-óceáni Szemétfolt. Az óceánszennyezés ezen kiemelkedő példája mindenféle tengeri hulladékból áll, és hozzávetőlegesen 1800 milliárd darab műanyagot tartalmaz. Kiterjedése becslések szerint 1,6 millió négyzetkilométer, vagyis több, mint 17-szer nagyobb, mint Magyarország területe.[2]

A problémát felismerve törekednünk kell az egyszerűhasználatos műanyagok eltörlésére, a lehető legnagyobb mértékű újrahasznosításra és a biológiailag lebomló alapanyagok használatára.

Előbbieken kifejtett két irányból történő megvilágítás alapján fontosnak tartom ezzel foglalkozni, ennek a fejlesztésével. Erre ad lehetőséget a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Anyagtudományi Tanszékén a laboratóriumi eszközfejlesztés, ahol a különböző filamenteknek anyagjellemzőit fejlesztik. Ehhez különböző filamenteket kell készíteni, amit később anyagvizsgálatokkal vizsgálnak, ehhez egy extruderre van szükség.

Célom egy prototípus filament készítő gép tervezése, amely lehetőséget ad az FDM 3D nyomtatási technológia alapanyag kutatására. A géppel szemben a következő követelményeket állítom:

- Könnyű használhatóság
- Alap polimer és kompozit filamentre is alkalmazhatóság
- Kedvező gazdasági szempontok miatt olcsó DIY (csináld magad) alkatrészek felhasználásával készüljön
- Változtatható paraméterek biztosítása
- Tartalmazza a főbb technológiai folyamatokat, mint extrudálás, átmérő szabályzás, mérés és utólagos egyszerű tekerccselés beépíthetőség
- Környezettudatos gyártás

2. Irodalmi áttekintés

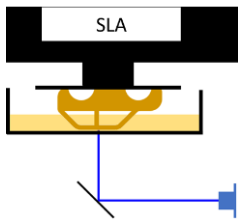
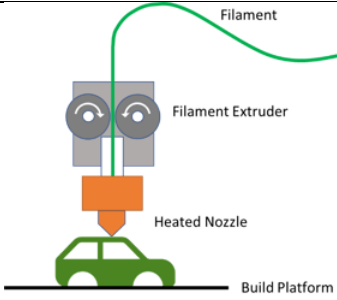
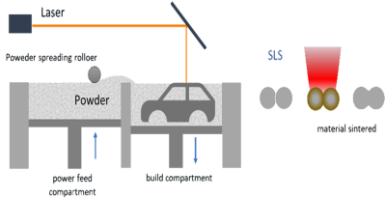
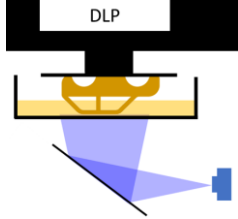
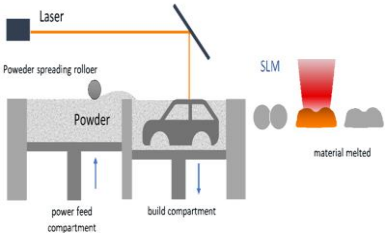
A filament extruder megtervezése előtt áttekintem a szakirodalmat, előtérbe helyezve azokat a háttérismereteket, amelyek segítik majd a tervek megalapozását. Ezen belül kitérek a különböző műanyag megmunkálási technológiákra, a polimerre, mint anyagra, a filament végfelhasználására, illetve jelenleg a piacon kapható variánsokra.

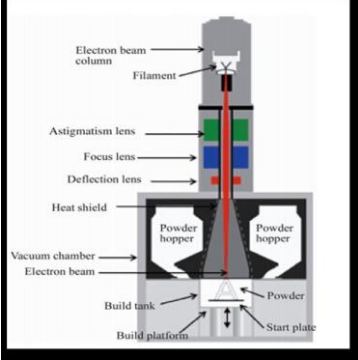
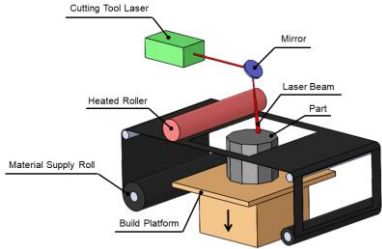
2.1. 3D nyomtatás

Az additív megmunkálást definiálhatjuk úgy, mint az anyagok egyesítésének folyamatát, amelynek során a kész munkadarab megfelelő vastagságú rétegek egymásra helyezésével épül fel. A rétegvastagságok nagy mértékben befolyásolják a termék pontosságát és felületi minőségét. Minél vékonyabbak a rétegek, annál nagyobb pontosságot és jobb felületi minőséget érhetünk el, mindezt a gyártási idő és a költség növekedése mellett. Ezen rétegek kialakításához széleskörű az alapanyag-paletta: technológiák szerint megkülönböztetünk por, folyadék, vagy szálanyag (filament) alapanyagot.

Az additív technológiákon belül egy specifikus szegmens az úgynevezett 3D nyomtatás, amit a továbbiakban részletesebben kifejtek. Ez a megmunkálási módszer mára közel minden iparágba alkalmazásra kerül. A gyors, méretpontos prototípus gyártástól egészen a végtermék előállításáig felhasználásra kerül. A kész alkatrészsel szemben támasztott különböző igények, különböző 3D nyomtatási eljárásokat kívánnak. Ezeket a típusokat szemlélteti a következő, 1. táblázat.

1. táblázat: 3D nyomtatási technológiák

Technológia	Képek	Működési elv
Sztereolitográfia (SLA) [3]		Kis teljesítményű lézer fotopolimerizáció útján rétegenként szilárdítja meg a fényre keményedő műgyantát.
Fused Deposition Modeling (Szálhúzás) (FDM) [4]		Hőre lágyuló műanyag filament halad át egy fűtött fúvókán, ahol megolvad és felveszi a fúvóka átmérőjét. Ezzel az olvadékkal történik a rétegeképzés.
Szelektív lézerszinterezés (SLS) [5]		Lézer szelektíven szinterezzi a polimerpor részecskéit, és hő és nyomás segítségével rétegről rétegre összeolvasztja őket.
Digitális fényfeldolgozás (DLP) [6]		A folyékony fényre keményedő műgyanta egy digitális fényprojektor által vetített képre keményedik meg, ezzel réteget alkotva.
Szelektív lézerolvasztás (SLM) [7]		Nagy teljesítményű lézereket használnak a fémpor szelektív megolvasztásához. A megolvasztott alkatrészek molekuláris alapon rétegenként olvadnak össze, amíg a homogén modell elkészül.

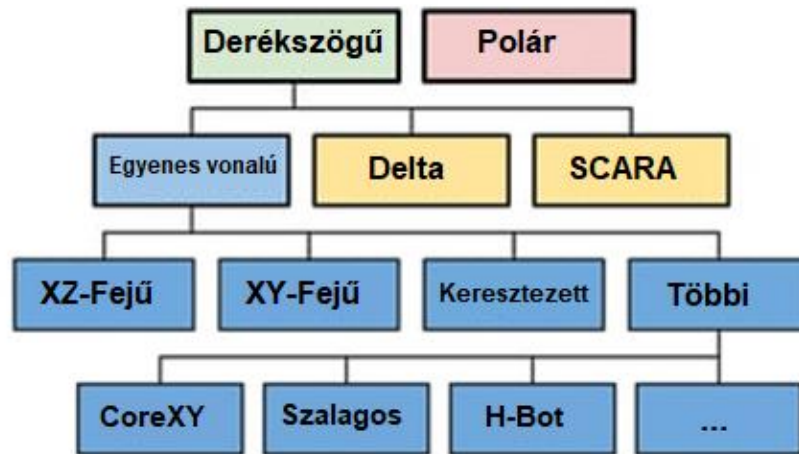
<p>Elektronsugaras olvasztás (EBM) [8]</p>		<p>Vákuumban egy nagy energiájú elektronsugár olvasztja meg a fémport, ezzel alkotva réteget.</p>
<p>Lemezelt darabgyártás (LOM) [9]</p>		<p>Ragasztóval bevont papír, műanyag vagy fém lapok, mint rétegek, kerülnek összeragasztásra, majd késsel vagy lézerrel formára vágásra.</p>

Minden 3D nyomtatási technológiának más a felhasználási területe. Ez a dolgozat az FDM technológiát fogja mélyebben taglalni.

2.1.1. FDM technológia

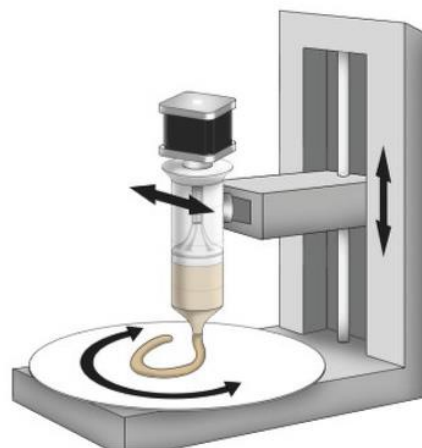
Egy FDM típusú 3D nyomtató egy építőplatformra rétegről rétegre olvasztott szálanyagot helyez el. Ehhez alapanyagként felcsévelt hőre lágyuló filamentre van szükség, amit az extruderbe vezetve a felfűtött fűvóka olvadáspont fölé fűt. A nyomtató az olvadt anyagot vékony szálakban extrudálja, és rétegenként rakja le a programkód által meghatározott útvonal mentén. A lerakás után az anyag lehűl és megszilárdul. Az extruderhez csatlakozhatnak ventilátorok, hogy bizonyos esetekben felgyorsítsa a hűtést. Amikor a nyomtató befejez egy réteget a munkaasztal, vagy az extruder tesz egy lépést a függőleges tengely mentén és a folyamat folytatódik a következő réteggel. Ezen lépések egymásutánisága építi fel a munkadarabot.

FDM technológián alapuló 3D nyomtatókon belül többféle gépet különböztetünk meg. Számos olyan szempont van, amit figyelembe lehet venni a csoportosításban, de talán a két legjelentősebb a működő koordináta-rendszer és a mechanikai jelleg. A következő csoportosítás ezen a két jellemzőn alapul.



1. ábra: 3D nyomtatási technológiák csoportosítása [10]

Ahogy a fenti 1. ábra szemlélteti, működő koordináta rendszer alapján két nagy csoportra oszthatók a gépek. Egyik csoport polárkoordináta rendszert használ a pontok síkban definiálására, míg a másik, a piacon elterjedtebb, cartesian, vagy más néven Descartes-féle derékszögű koordináta-rendszert. Az előbbi egy szög és egy sugár értékkel határozza meg egyértelműen a pontot. Mechanikai jelleg szerint a polárnyomtatók rendelkeznek egy forgó munkaasztallal és egy sugár és függőleges irányba elmozdulni képes extruder fejjel. Fő elmozdulásait a következő 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Polárkoordináta-rendszert használó 3D nyomtató elvi rajza [11]

Az utóbbi, vagyis a Descartes-féle derékszögű koordináta-rendszer alapúak a síkban X és Y koordinátákat használnak. Ezen a csoporton belül a mechanikai jellegük szerint osztályozhatjuk a gépeket. Egyik típus a SCARA (Selective Compliance Assembly Robotic Arm), két motorral hajtott robotkarra szerelt extruderrel valósítja meg az X-Y síkon a réteg nyomtatást. A Z tengelyért egy külön motor felel, amely általában a nyomtató fejjel együtt az

egész robotkart emeli rétegről-rétegre. Kinematikáját a 3. ábra ismerteti.



3. ábra: SCARA típusú 3D nyomtató kinematikája [11]

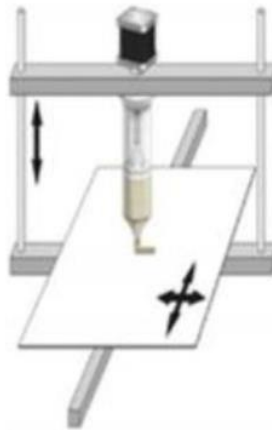
A Delta 3D nyomtatók általában három (több lehet) karral dolgoznak, amelyek függőleges sínekhez vannak rögzítve. Az extruder minden egyes kar végéhez csuklóval kapcsolódik, így a karok szinkron munkája pozicionálja a nyomtatófejet. A delta nyomtató karjainak összehangolt mozgása szabályozza a nyomtatófej magasságát (Z-tengely) és helyzetét (X- és Y-tengely) a munkaasztalhoz képest. Egyszerűsített rajzát a következő 4. ábra mutatja be.



4. ábra: Delta típusú 3D nyomtató kinematikája [11]

Egyenes vonalú 3D nyomtatók egyszerű lineáris mozgást alkalmaznak a fűvókának a nyomtatóágyhoz viszonyított pozicionálásához. A legtöbb esetben a tengelyek mentén

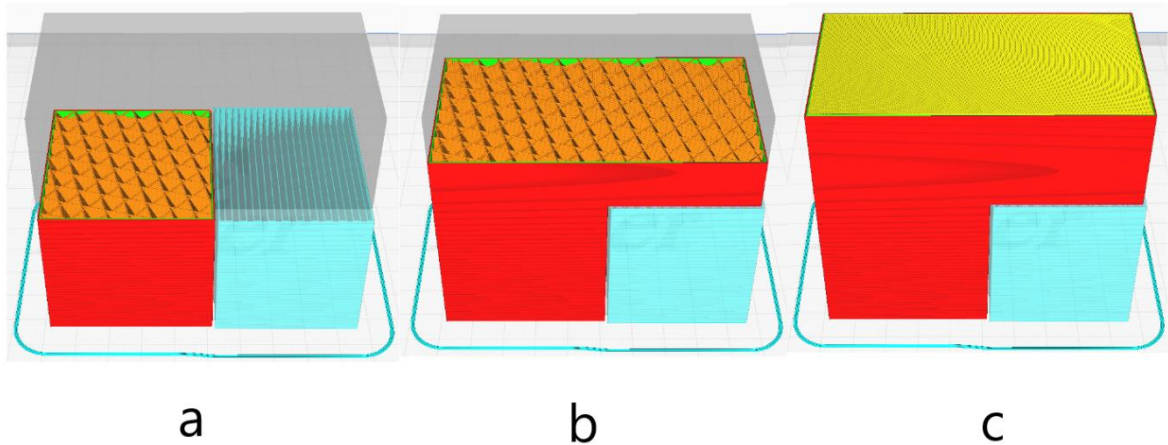
történő mozgás teljesen független a többi tengely mozgásától, azaz mindhárom tengelyért külön-külön motor felelős. Ezen a csoporton belül számtalan variáció született. Ebből kettő elterjedt típust szeretnék kiemelni: egy megoldás, ahol a nyomtatófej X-Z irányban halad és a munkasztal valósítja meg a Y irányú elmozdulást. Másik megoldás, ahol az extruder halad X-Y síkon és az asztal léptet a Z tengely mentén. Ezen nyomtatók elvi rajza a következő (5. ábra).



5. ábra: Cartesian típusú 3D nyomtató kinematikája [11]

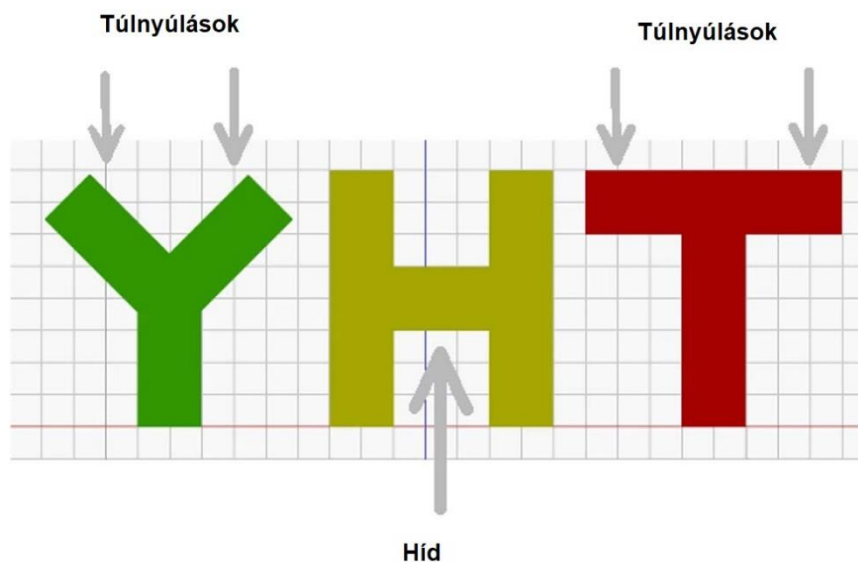
2.1.2. 3D nyomtatott modellek elemzése

FDM technológián belül, hogy milyen működő koordinátarendszerű, vagy milyen mechanikájú nyomtatóval készül el a munkadarab nem befolyásolja a kész termék alap tulajdonságait. Például a nyomtatott modell felépítését. A már megszilárdult műanyagot, bár ugyanaz az anyag, a testben elfoglalt pozíciójától és funkciójától függően többfajta elnevezéssel illetjük. Minden test biztosan rendelkezik fallal (6. ábrán pirossal a legkülső réteg és zöld színnel a többi fal réteg), ugyanis ez a külső réteg adja a test geometriáját. Ennek a falnak a vastagsága, tehát hogy hány nyomtatott szál kerül egymás mellé, már egyéni beállítás függő. Ugyanígy külső réteg, azonban, ha a nyomtató asztal síkjával párhuzamos felületről beszélünk, azt hívhatjuk héjnak (6. ábra citromsárga szín). A nyomtatás során ezeknek lesz a legszebb, legkisebb felületi érdességű felülete. Ha eggyel beljebb megyünk a testben, valamilyen kitöltő struktúrával találkozunk (6. ábra narancssárga szín). Ennek a kitöltési mintája és a kitöltési sűrűség ugyancsak egyéni beállítás. Nyomtathatunk 100%-os kitöltési sűrűséggel, azonban anyag-, energia-, tömeg- és idő megtakarítási megfontolásokból általában alacsonyabb kitöltési sűrűséget választunk. Kisebb sűrűség természetesen a mechanikai jellemzők romlását idézi elő, azonban általában ezzel a technológiával készült testek nincsenek nagy mechanikai igénybevételnek kitéve.



6. ábra: FDM nyomtatott test felépítése

Még egy megnevezést érdemes megemlíteni, ez pedig a megtámasztás, angolul neve jobban elterjedt: support (6. ábra kék szín). Mivel a technológia alapja, hogy rétegről rétegre épül fel a modell, nem tudunk pusztán a levegőbe anyagot lehelyezni. Az úgynevezett túlnyúlások nyomtatásakor hívhatjuk segítségül a megtámasztást. Minden olyan esetet, amikor a következő réteget a „levegőbe” kell nyomtatni túlnyúlásnak hívjuk. Azonban nem minden túlnyúláshoz elengedhetetlen a megtámasztás. A következő 7. ábra szemléletes példát nyújt a fentiekre a klasszikus „Y”, „H” és „T” betűkkel.



7. ábra: Túlnyúlások fajtái [12]

Ökölszabályként él, hogy a 45° , vagy kisebb szögeknél nem szükséges megtámasztást alkalmazni, ugyanis az alatta lévő utolsó rétegen még meg tud tapadni az új réteg. („Y” betű)

A pontos határszög, tehát ami fölött már megtámasztást kell alkalmazni nyomtató és nyomtatási paraméterek függvénye.

Még egy esetben elhagyható a megtámasztás a levegőbe épített részek esetén. Ezt a nyomtatási módot hídnak hívják („H” betű). Két felépített anyag között, melyek megfelelően kis távolságra vannak egymástól, képesek vagyunk hidat húzni. Ebben az esetben kritikus szerepet játszanak a nyomtatási hőmérséklet és a hűtés, ugyanis ahhoz, hogy a híd kialakuljon gyorsan meg kell szilárdítani az anyagot.

Harmadik fajta túlnyúláskor („T” betű) biztosan megtámasztást kell alkalmaznunk, hiszen 90°-os szögnél nincs régi réteg az új alatt, amire tapadhatna. Többféle járatos megtámasztási struktúra ismert, azonban mindegyik feladata egy támaszréteg kialakítása a túlnyúló alakzat alatt. Általában ritka struktúrával rendelkeznek és nyomtatás után minden esetben eltávolításra kerülnek, így a könnyű eltávolítás is fontos szempont a struktúra kiválasztásában. Egy extruderes 3D nyomtató esetében a támaszanyag és a munkaanyag megegyezik, így a megtámasztás eltávolítása mechanikus úton történik. Azonban léteznek a két extruderes nyomtatók, ahol az egyik extruder végzi a munkadarab nyomtatását, míg a másik extruder csak a megtámasztásokért felelős. Ezzel a megosztással lehetőség nyílik két külön alapanyag nyomtatására. Például speciális vízben oldódó támaszanyag használata is lehetséges ezen nyomtatókon. Ez lehetőséget nyit olyan helyekre is megtámasztást nyomtatni, ahonnan mechanikus úton lehetetlen lenne azt eltávolítani.

2.1.3. Filament

A filament, az FDM típusú nyomtatás alapanyaga. Tekercselt kiszerelésben kapható 750g vagy 1000g-os változatban végtelen színpalettával. (8. ábra) Geometriáját tekintve a piacon jelen van az Ø1,75mm és a Ø2,85mm-es változat. Egy nyomtató csak egy méretű filamentet tud használni.



8. ábra: Filamentek különböző színben [13]

Filament anyagait tekintve is rendkívül széles a kínálat. A teljesség igénye nélkül a leggyakoribbak: PLA (poly-lactic acid/polylactic sav), ABS (butadiene styrene/akrilnitril-

butadién-sztirol), PETG (polyethylene terephthalate + glycol), NYLON (polymide). Ezek közül a legszélesebb körben elterjedt a PLA, biológiailag lebomló anyag. Léteznek speciális, úgynevezett adalékolt filamentek is, ahol az alap filament anyaghoz valamilyen adalékot adnak a kívánt jellemző eléréséhez. Ilyen adalék lehet fűrészpor, réz, sárgarézt, rozsdamentes acél vagy alumínium a mechanikai tulajdonságok javítására, vagy akár grafén egy vezetőképes filament előállításához.

Befűzésüket tekintve minden nyomtató típusba manuálisan kell befűzni a filamentet. A befűzés után az extruder automatikusan adagolja a pontos filament mennyiséget.

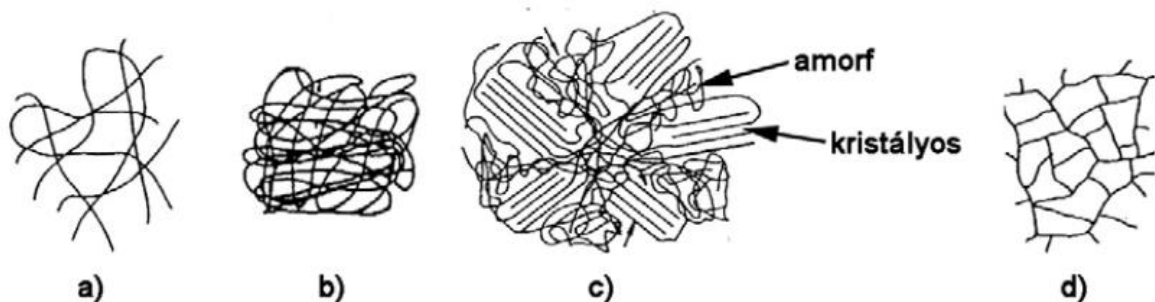
2.2. Polimer, mint anyag

A polimerek olyan makromolekulák, amelyek nagyszámú kisebb molekula vagy ismétlődő egység, úgynevezett monomerek kémiai kötésével jönnek létre. A monomerek száma a polimermolekulán belül nagymértékben változhat, ahogy az is, hogy mennyire szabályos a sorrend, a relatív orientáció és az egymástól eltérő monomerek jelenléte ugyanazon polimermolekulán belül.

A polimer legegyszerűbb formája az, amely csak egyféle monomerből áll (homopolimer); kis szennyeződések előfordulhatnak, de ha a nem kívánt monomerek a kívánatos monomerek között elég kis mértékben polimerizálódnak, hogy az anyag kémiai és fizikai tulajdonságai megmaradjanak, az így kapott polimert még mindig homopolimernek nevezhetjük. A kopolimerek ezzel szemben egymástól eltérő monomerekből állnak. Az anyag kémiai és fizikai tulajdonságait végső soron az határozza meg, hogy az egyes monomertípusok mennyire különböznek egymástól - akár szerkezetük, akár összetételük alapján -, és az egyes monomertípusok egymáshoz viszonyított mennyiségei hogyan oszlanak meg ugyanabban a polimermolekulában.

Jellemző hőmérsékletük, tulajdonságaik, vagy szerkezetük alapján három különböző csoportba sorolhatjuk őket: [14]

1. Nagy rugalmasságú polimerek, vagy más néven elasztomerek. Normál körülmények között az elasztomer anyagot alkotó hosszú, gyengén térhálós molekulák szabálytalan elrendeződést mutatnak. A térhálós szerkezet miatt eltűnnek a különálló molekulaláncok, amelyek képesek lennének egymáshoz képest elcsúszni. Ennek hatására ezzel a hálóstruktúrával rendelkező anyagok nem olvashatók. Fizikai behatás hatására azonban a molekulák kiegyenesednek a beható erővel megegyező irányba. A behatás megszűnésével a molekulák spontán visszatérnek a normál, tömör, véletlenszerű elrendeződésükbe.



9. ábra: Polimerekben megtalálható különböző molekulalánc szerkezetek

[14]

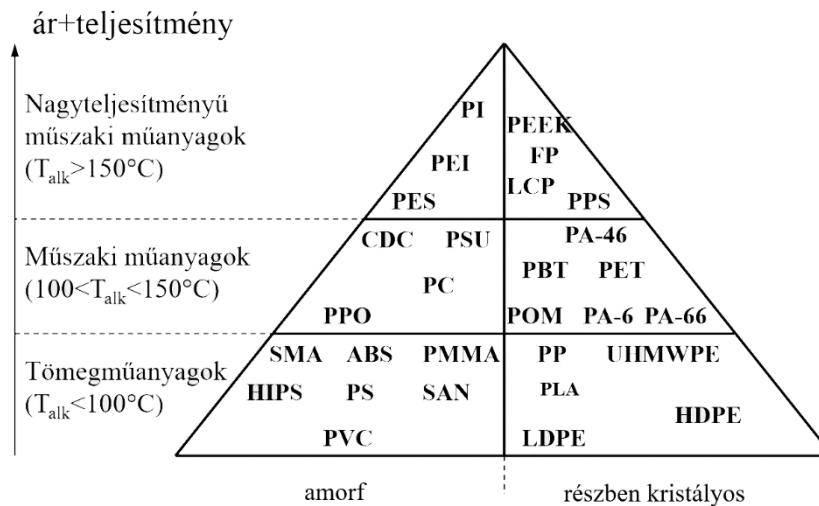
2. Hőre keményedő polimerek, vagy más néven duromerek. A duromerek sűrűn térhálós anyagok (lásd 9. ábra *d* része). Az elasztomerekhez hasonlóan, miután kialakult a végleges hálóstruktúra többé nem cseppfolyósíthatóak. Ennek köszönhetően a duromerek szobahőmérsékleten is kifejezetten merevek, ridegek és jó vegyszerállóságot mutatnak.

3. Hőre lágyuló polimerek, vagy más néven termoplasztikus polimerek. Ebben a csoportban a polimereket alkotó monomerek van der Waals-kölcsönhatások révén kapcsolódnak össze. Ez a kötés viszonylag gyenge kapcsolatot alakít ki a molekulák között. A kialakult molekulaláncok lehetnek lineárisak, vagy elágazóak, azonban semmilyen körülmények között nem tartalmaznak keresztkapcsolatokat (lásd 9. ábra, *a* része). Ennek a „spagetti” szerű szerkezetnek és a molekulák közötti gyenge kötésnek köszönhetően hőenergia hatására először lágyulnak, majd megolvadnak. A hőre lágyuló polimerek a megszilárdulásuk után újból megolvaszthatók, majd megszilárdíthatók, ezzel előnyös tulajdonságokat mutatva újrahasznosításuk felé. Szerkezetüket tekintve megkülönböztetünk amorf és részben kristályos anyagszerkezeteket. Míg az amorf egy rendezetlen térbeli szerkezet eltérő távolságokkal a molekulák között (lásd 9. ábra, *b* része), a részben kristályos szerkezetben a molekulák nagy része térben szabályos alakzatot alkot. (lásd 9. ábra, *c* része)

2.2.1. Műszaki polimerek

Műszaki polimereken (engineering polymers) olyan szerkezeti anyagokat értünk, amelyek a mérnöki gyakorlatba beépülhetnek. Ezekkel az anyagokkal magasfokú követelményt támasztunk számos téren, mint a mechanikai szilárdság, hőállóság, kopásállóság, vegyszerállóság, szívósság stb. Mindezen tulajdonságok együttesét viszonylag kis sűrűségű anyagokkal valósíthatjuk meg.

A mechanikai tulajdonságok, a hőállóság és a kémiai stabilitás szempontjából megkülönböztetünk általános és nagyteljesítményű műszaki anyagokat. A következő 10. ábra jól szemlélteti a tömeggyártású műanyagok, az általános és a nagyteljesítményű műszaki műanyagok típusait és mérnöki minőségét.



10. ábra: Anyagok ismertetése minőségük szerint [15]

Manapság minden iparágban megtalálhatóak a műszaki műanyagok. Legfőképpen a súlycsökkentésre való törekvés indította meg a műszaki műanyagok alkalmazását, de a kiváló fajlagos mechanikai jellemzőkön (szilárdság/sűrűség, merevség/sűrűség) túl is előnyös tulajdonságokat találunk az acélokkal szemben. Ilyen lehet például az egyszerű feldolgozhatóság kis energia befektetéssel, az újrafeldolgozhatóság, jó vegyszerállóság, korrózióállóság vagy a kis hő, és elektromos vezetőképesség. Természetesen meg kell említeni az előnyös tulajdonságok mellett a hátrányokat is. Úgy, mint a kis hőállóság, éghetőség, nagy hőtágulási együttható, időfüggő tulajdonságok (kúszás, feszültség-relaxáció), nedvesség negatív hatásai stb. Minden alkalmazási helyhez meg kell találni az optimális anyagot.[16]

2.2.2. Polimerek feldolgozási hőmérséklete

Különböző összetételű polimerek más és más feldolgozási paramétereket kívánnak. Egy ilyen paraméter, amivel ebben a fejezetben fogok foglalkozni, a hőmérséklet. Az alábbi táblázat ismerteti a műszaki életben leggyakrabban használt polimereket és azok ömledékhőmérsékletét alakadó technológiai eljárás alatt.

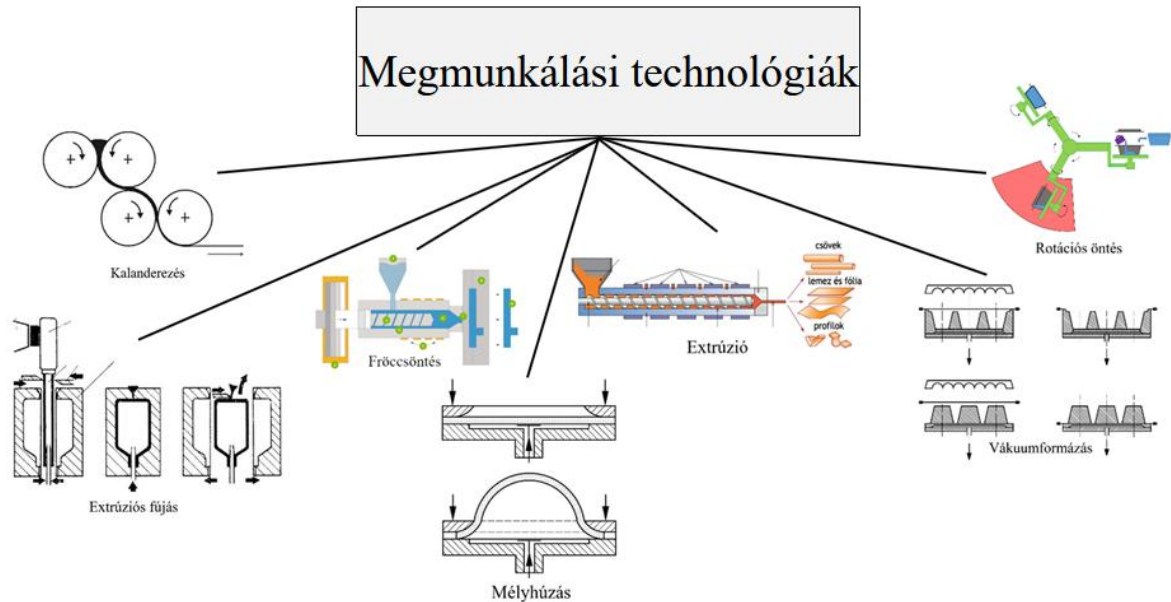
Az extruderben elérhető maximális hőmérséklet és a feldolgozott anyag ömledékhőmérséklete határozza meg, hogy képesek leszünk -e filamentet készíteni a kívánt anyagból, vagy nem.

2. táblázat: Leggyakoribb polimerek ömledékhőmérséklete [16],[17],[18]

Polimer rövidítés	Polimer neve	Ömledékhőmérséklet [°C]
LDPE	Low-density polyethylene	180-240
PP	Polypropylene	200-300
POM	Polyoxymethylene	180-220
PET	Polyethylene terephthalate	240-290
PBT	Polybutylene terephthalate	230-260
PMMA	Polymethyl methacrylate	180-250
PS	Polystyrene	180-280
PC	Polycarbonates	230-300
PPS	Polyphenylene sulfide	280-350
PLA	Polylactic acid	190-230
ABS	(akrilnitril-butadién-sztirol	180-260
PETG	polietilén-tereftalát-glikol	225-260
PVA	poli-vinil-acetát	170-210
PA6	polyamide 6/nylon 6/polycaprolactam	230-260

2.3. Hőre lágyuló polimerek feldolgozási technológiái

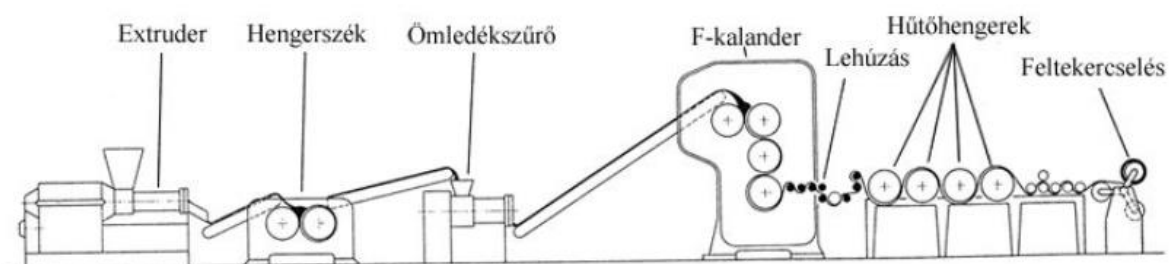
Ebben a fejezetben a hőre lágyuló polimerek általános megmunkálási technológiáit fogom ismertetni (lásd 11. ábra).



11. ábra: Hőre lágyuló polimerek általános megmunkálási technológiái [19][20][21][22][23][24]

2.3.1. Kalanderezés

Kalanderezés során valamilyen hőre lágyuló polimerből két vagy több forgó henger között fóliát vagy lemezt állítunk elő, illetve valamilyen hordozóra bevonatot készítünk az adott anyagból. A következő 12. ábra egy általános kalandersort mutat be, F típusú kalanderral.

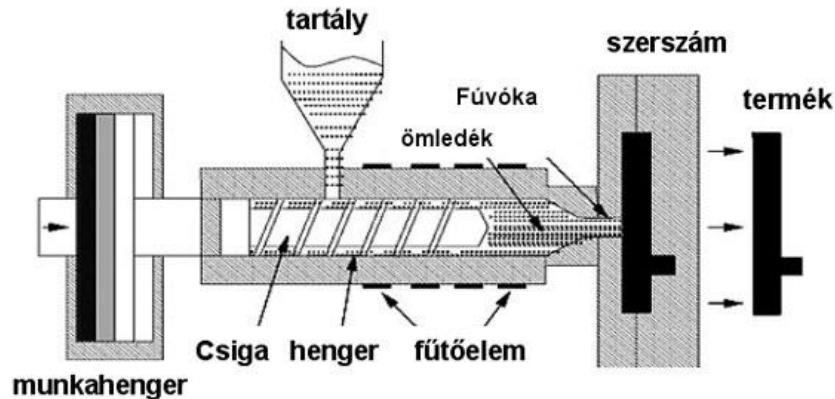


12. ábra: Kalandersor [25]

2.3.2. Fröccsöntés

A fröccsöntés, mint alakadási eljárás során a polimert hevítéssel ömledék állapotba hozzuk, majd nagy sebességgel, egy szűk beömlő nyíláson keresztül a zárt szerszámba fecskendezzük. Magas nyomásviszonyok mellett a továbbra is zárt szerszámban hűl ki a

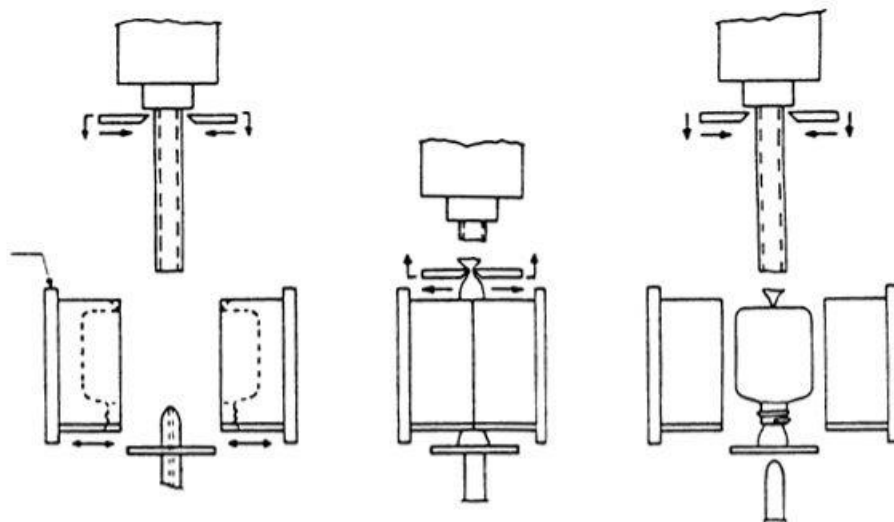
polimer. A szerszám nyitásával kapjuk meg a kész terméket. A következő 13. ábra a fröccsöntés elvi vázlatát szemlélteti.



13. ábra: Fröccsöntés elvi vázlata [26]

2.3.3. Üreges alkatrészgyártás

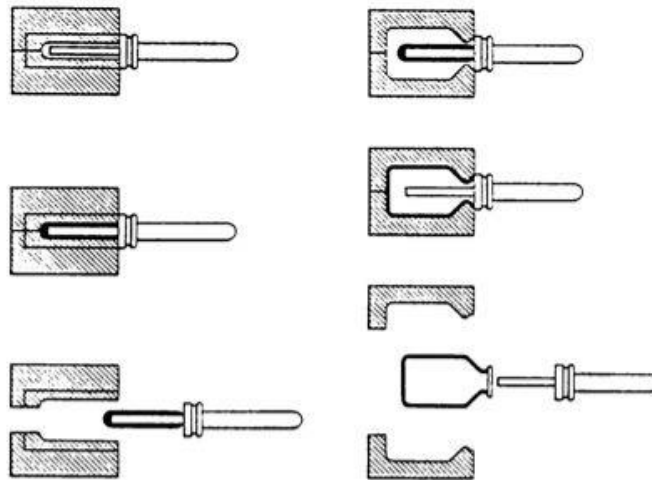
Az extrúziós fúvás egy módja az üreges alkatrészgyártásnak. A folyamat egy cső extrudálásával indul (14. ábra bal oldali grafika), amit még meleg, nagyrugalmas állapotban befognak egy két félből álló szerszámba, majd sűrített levegővel, vagy speciális esetben más gázzal, felfújják. A munkadarab felveszi a szerszám alakját és megszilárdul (14. ábra, középső grafika).



14. ábra: Extrúziós fúvás, balról jobbra [25]

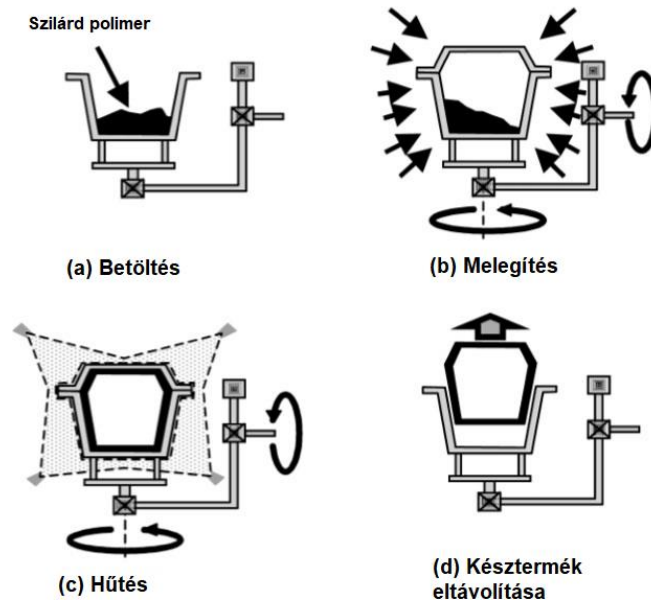
Másik módja az üreges alkatrészgyártásnak a fröccsfúvás. Ez a megmunkálási technológia két lépcsőben történik. Először egy előgyártmány szerszámba történik a fröccsöntés egy előzőleg behelyezett fém betétre (15. ábra bal oldal). Majd még meleg

állapotában áthelyezik a késztermék szerszámba, a fém betéttel együtt, és a betéten keresztül felfűjják (15. ábra jobb oldal).



15. ábra: Fröccsfűvás, bal oldalt a fröccsöntés, jobb oldalt a fűjás [25]

A fentieknél nagyobb ($1-10m^3$), üreges testek gyártási technológiája lehet a rotációs öntés. A polimer szilárd állapotban kerül a fűthető szerszámba (16. ábra „a” része). A szerszámot két egymásra merőleges tengely körül forgatják, ezzel az ömledékállapotba került polimer centrifugális erő hatására egyenletesen eloszlik a szerszám falán (16. ábra „b” része). Folyamatos forgatás mellett kerül lehűtésre a szerszám és benne a munkadarab (16. ábra „c” része).

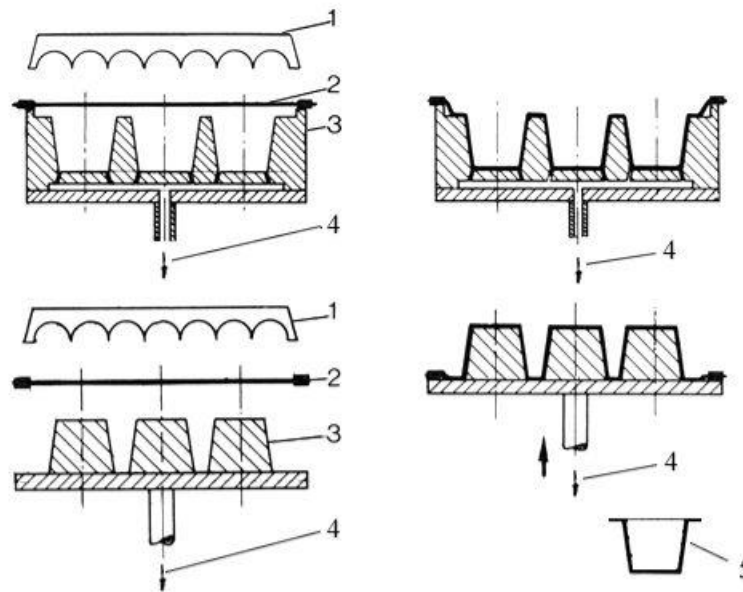


16. ábra: Rotációs öntés [27]

2.3.4. Melegalakítás

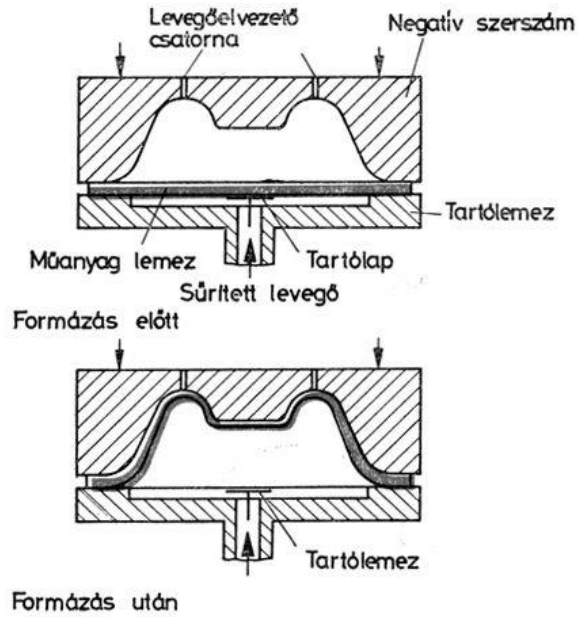
A fent említett technológiákhoz képest, ahol granulátum vagy por alapanyag alakadása ömledékállapotban történt, a melegalakítás alapanyaga lemezek, vagy fóliák lesznek, amiket viszonylag kis erővel alakítunk tovább.

A leginkább elterjedt melegalakítási eljárás polimerekre a vákuumformázás. Technológiáját tekintve a megfelelő hőmérsékletre hozott lemez vákuum hatására veszi fel a szerszám geometriáját. Különböző zsugorodási és pontossági megfontolások miatt kialakult a pozitív (17. ábra alsó része) és negatív (18. ábra felső része) vákuumformázás.



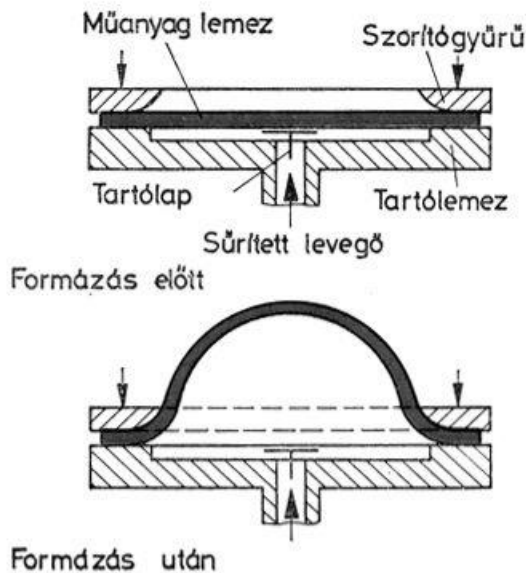
17. ábra: Negatív és Pozitív vákuumformázási eljárások; 1) fűtőelemek, 2) fólia, 3) szerszám, 4) vákuum, 5) végtermék [25]

A vákuumformázáshoz hasonló technológia a túlnyomásos hőformázás, ahol túlnyomást használnak a munkadarab alakadására (18. ábra).



18. ábra: Túlnyomásos formázás [25]

Fentiekől eltérő technológia a sűrített levegős mélyhúzás, ugyanis itt nem egy előzőleg megmunkált szerszám adja a késztermék alakját. Folyamatát tekintve az előmelegített lemezt ráncfogó szorítja le és sűrített levegő végzi a mélyhúzást (19. ábra). Az alakadási technológia hátránya a rossz reprodukálhatóság.

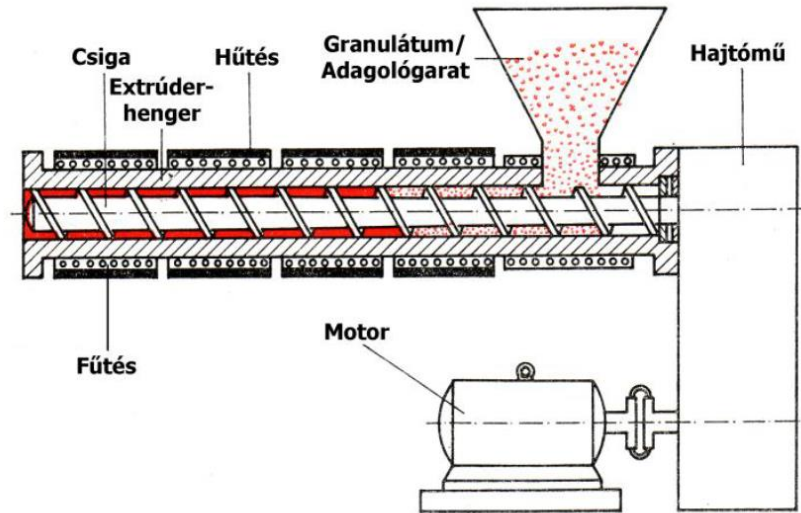


19. ábra: Sűrített levegős mélyhúzás [25]

2.3.5. Extruzió

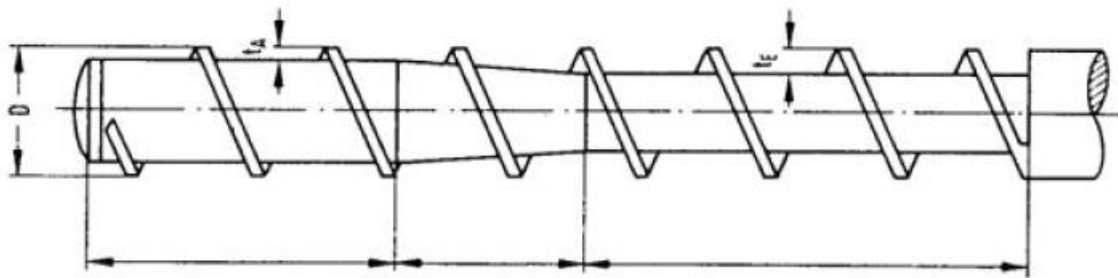
Az extruzió, olyan folyamatos, nagy volumenű polimerfeldolgozási technológia,

amelyben a hőre lágyuló anyag - por, pellet vagy granulátum formájában – először képlékeny állapotba kerül, majd homogenizálják, nyomás alá helyezik és egy változatlan keresztmetszetű, nyitott szerszámon keresztül sajtolják. A következő 20. ábra egy általános extrudert ábrázol.



20. ábra: Általános extruder felépítése [28]

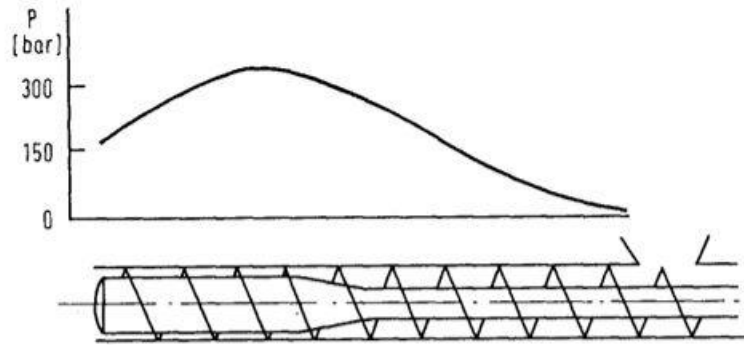
Az adagológaraton keresztül kerül a még szilárd állapotban lévő alapanyag az extruder hengerbe. A hengerben a csiga felelős sorrendben az anyag szállításáért, részben a megömlesztéséért, homogenizálásáért és a megfelelő nyomás kialakításáért.



21. ábra: Az extrudercsiga szakaszai [25]

Ezt a csigát érdemes közelebbről is megvizsgálni. A 21. ábra egy általános extrudercsigát szemléltet. Jobbról balra a szakaszai: behúzó zóna, kompressziós zóna, kiszállító zóna. A behúzó zóna fölött helyezkedik el az adagológarat, melyből gravitáció hatására hullik a még szilárd állapotban lévő polimer a csiga ezen szakaszára. Innen forgómozgás hatására elindul az anyagáramlás a fűtött extruderhengerbe és a csiga kompressziós zónájába. Ebben a zónában hő közlése mellett kerül ömledékállapotba az anyag. A bevezetett fűtési hő mellett az ömledék belső súrlódásából származó hő úgyszintén elősegíti a folyamatot. A

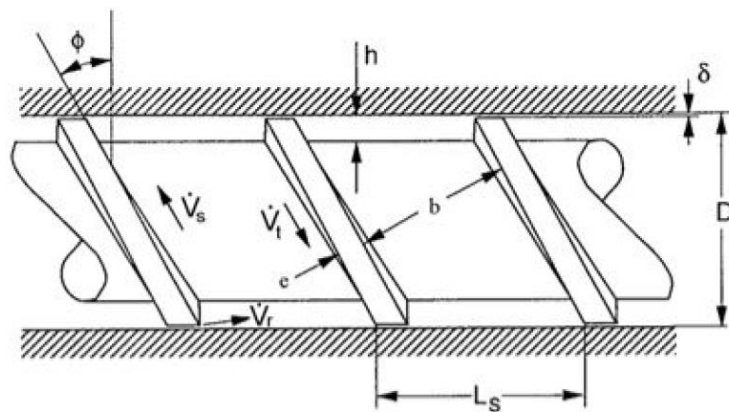
megolvasztás mellett ugyanezen zóna felelős a kívánt nyomás eléréséért (22. ábra). A kompresszió megvalósítható a mag átmérőjének növelésével (mag-progresszív csiga), a menetemelkedési szög csökkentésével (szög-degresszív csiga) és a menetszárny szélességének növelésével. Mindhárom variációban a menetárok térfogatának a csökkentése a cél.



22. ábra: Nyomás változása egy általános egycsigás extruderben [25]

A kitoló, vagy homogenizáló zóna egy fajta polimer extrudálásakor szükséges, ugyanis az extruderhenger falával érintkező részecskék hőmérséklete jelentősen magasabb, mint a beljebb lévőké. Ez a hőmérséklet-különbség a végtermék minőségét ronthatja.

A technológia szempontjából fontos áttekinteni az extrudercsiga fő méreteit. Ezeket szemlélteti a következő 23. ábra.



23. ábra: Extrudercsiga fő méretei [25]

- ahol, Φ) a menetemelkedési szög
h) menetmélység
D) az extruder henger belső átmérője
 δ) illesztési hézag („játék”) a csiga és a ház között
 L_s) (egy fordulatra jutó) menetemelkedés

b) menetárok szélesség

e) menetszárny szélesség

A fentiek mellett fontos megemlíteni az l/d arányt, tehát a csiga hossz és átmérő viszonyosságát. Kísérleti úton az érték optimális értéke 20 körül van.[28] Illetve a csiga kompressziós arányát, tehát a kompressziós szakasz szögét. Ez a szög határozza meg, hogy a még szilárd anyaggal mennyire agresszív az energiaközlés. Az optimális kompressziós arány megállapítása sok összetevős és minden esetben anyag függő, de egy nagyságrendileg helyes kiindulást mutat az alábbi 3. táblázat különböző anyagokra.

3. táblázat Extrudercsiga kompressziós aránya különböző anyagokra [29]

Nylon 6,6	3,6:1	Rugalmas PVC	3:01	Merev PVC	2,5:1
ABS	2,75:1	HDPE	3:01	LDPE	3,5:1
Nylon 6	3,9:1	PMMA	1,8:1	PP	3:01
PBT	2,5:1	PET	3,25:1	PC	2,25:1

2.4. Piacelemzés

Ebben a fejezetben a piacon kapható variációkat mutatom be és vetem össze egymással.

Gyártó: Zhangjiagang Huiping Machinery Co., Ltd.



Modell: SJ20-10
Ár: 680\$
Max kihozatal: 0,5 [kg/h]
Méretek: 620x240x420 [mm]
Fogyasztás: 0.12 [kW]
Tömeg: 25 [kg]
Hőteljesítmény: 600 [W]
Vízszintes kivitel

24. ábra: SJ20-10 modell [30]

Forgalmazó: Zhangjiagang Yuan Yuan Imp.&Exp. Co.Ltd.
Modell: SJ25

Ár: 800\$
Max kihozatal: 2 [kg/h]
Méretek: 700x200x400 [mm]
Fogyasztás: 0.25 [kW]
Tömeg: 32 [kg]
Hőteljesítmény: 800 [W]
Függőleges kivitel



25. ábra: Sj25 modell [31]

Gyártó: Wellzoom

Modell: Wellzoom desktop filament extruder B



26. ábra: Wellzoom extruder 'B' [32]

Ár: 588\$
Max kihozatal: 39,6 [m/h]
Méretek: 508x140x254 [mm]
Fogyasztás: 0.12 [kW]
Tömeg: 7 [kg]
Pontosság: +/-0.05mm(átmérő: 1.75mm); +/-0.1mm(átmérő: 3mm)
Max hőmérséklet: 300 [°C]
Tartály űrtartalom: 0,4 [l]

Gyártó: Filabot
Modell: FILABOT EX2
Ár: 2812 \$
Max kihozatal: 1 kg/h
Méretek: 460x180x230
Tömeg: 12,7 kg
Pontosság: +/- 0.05mm
Tartály űrtartalom: 0,4 l



27. ábra: Filabot EX2 [33]



Gyártó:Fixstruder
Modell:Fixstruder
Ár: 380\$
Max kihozatal:90 m/h
Max hőmérséklet:300°C
Méret:600*150*100 mm
Hőteljesítmény:70W

28. ábra:Fixstruder [34]



Gyártó:Noztek
Modell:Noztek Pro
Ár:1300£
Max kihozatal:0,5 kg/h
Max hőmérséklet:300°C
Állítható extrudálási sebesség, hőmérséklet, hűtés

29. ábra: Noztek Pro [35]



30. ábra: ProtoCycler+ [36]

Gyártó:ReDeTec
Modell:ProtoCycler+
Ár:3000\$
Max kihozatal:0,5 kg/h
Max hőmérséklet:250 °C
Pontosság:+/- 0,05 mm
Hőteljesítmény:300 W
Méretek:380x356x229 mm
Súly:20 kg
Folyamatos átmérő ellenőrzés 0,01 mm pontossággal és automatikus szabályozás
Beépített tekerceselés

Gyártó: 3devo
Modell: Precision 350
Ár: 5350€
Max kihozatal:1 kg/h
Max hőmérséklet: 350°C
Pontosság: +/- 0.05mm
Egy fűvóka Ø 0,5 – Ø 3mm-re
Folyamatos átmérő ellenőrzés 0.043 mm pontossággal és automatikus szabályozás
Beépített automatikus tekerceselés felhasználói méretre
Csúszókuplung az orsó feszességének beállításához



31. ábra: Precision 350 [37]



Gyártó:Filastruder
Modell:Filastruder
Ár:300\$
Max kihozatal: 0,2 kg/h
Max hőmérséklet:260°C
Méret:457x152x102 mm

32. ábra:Filastruder [38]

4. táblázat: Piacon kapható modellek összehasonlítása

Modell	ár	max kihozatal	hűtés	átmérő szabályozás	átmérő méretvariánsok	max hőmérséklet	pontosság	hevítési zónák	méreték	Szumma
X	-	[kg/h]	-	-	-	[°C]	[+/-mm]	[db]	[dm ³]	-
Súlyozás	4	1	1	1	1	2	1	1	1	-
SJ20-10	680\$ (4)	0,5 (3)	nincs (1)	nincs (1)	cserével (3)	? (-)	? (-)	2 (3)	62,5 (1)	(28)
SJ25 vertical	800\$ (3)	2 (5)	nincs (1)	nincs (1)	cserével (3)	? (-)	? (-)	3 (4)	56 (2)	(28)
Wellzoom B	588\$ (4)	0,12 (2)	levegő (5)	nincs (1)	cserével (3)	300 (4)	0,05- 0,1 (4)	? (-)	18 (4)	(43)
Filabot Ex2	2812\$ (1)	1 (4)	kiegészítés (3)	nincs (1)	cserével (3)	450 (5)	0,05 (5)	? (-)	19 (4)	(34)
Fixstruder	380\$ (5)	0,27 (2)	nincs (1)	nincs (1)	cserével (3)	300 (4)	? (-)	1 (2)	16 (4)	(41)
Noztek Pro	1300£ (2)	0,5 (3)	levegő (5)	nincs (1)	cserével (3)	300 (4)	? (-)	2 (3)	? (-)	(31)
ProtoCycler+	3000\$ (1)	0,5 (3)	levegő (5)	van (5)	u.a. fűvóka (5)	250 (3)	0,05 (5)	1 (2)	31 (3)	(38)
Precision 350	5350\$ (1)	1 (4)	levegő (5)	van (5)	u.a. fűvóka (5)	350 (4)	0,05 (5)	4 (5)	? (-)	(41)
Filastruder	300\$ (5)	0,2 (2)	nincs (1)	nincs (1)	cserével (3)	260 (3)	0,05 (5)	1 (2)	7,1 (5)	(45)

A piacon kapható variánsok összehasonlítását végeztem el az a fent látható 4. táblázatban. Vízszintes fejlécen olvashatóak az összehasonlítási szempontok, melyeket igényeim szerint súlyoztam 1-től 4-ig tartó skálán. Legmagasabb pontot kaptam, így a legfontosabb szempont a költség alacsonyan tartása, utána következnek a maximum elérhető hőmérséklet, a széleskörű feldolgozhatóság érdekében, majd az összes többi. A legmagasabb hőmérséklet mutatja meg pontosan milyen hőre lágyuló polimerek extrudálhatók a szerkezettel. A vizsgált műszaki paramétereket 1-től 5-ig tartó skálán pontoztam, ahol 5 a

legjobb és 1 a legkevésbé jó jellemző. A kapott pontok zárójellel vannak kiemelve. Az ismeretlen jellemző értékeknél 0-nak vettem a pontot. Ez valamelyest torzítja az összemérést, azonban az egyértelmű nyertesek tényét nem másítja.

Legtöbb pontot a Filastruder nevű cég Filastruder nevű modellje kapta, második helyen pedig közel hozzá a Wellzoom cég Wellzoom B nevű modellje végzett. Ez a két modell ára a pontozásban négy és öt pontot kapott. A technológiai tervezésem alapjául ezt a két modellt veszem, és kiegészítem azokon a területeken, ahol alacsonyabb pontokat kaptak, mint a hűtés, az átmérő szabályozás és a fúvóka cseréje nélküli átmérő váltás.

3. Tervezés szabványos alkatrészekkel

Az ipari extruderek drága berendezések, amelyeket nehéz korszerűsíteni. A csiga általában a gép legdrágább része, mivel azt egyedileg a feldolgozandó polimerhez tervezték. Azonban 2012 után egy nyílt forráskódú szabadalomnak köszönhetően nyílt filament extruder-konstrukciók kezdtek megjelenni [39]. Ezek az ipari gépekhez képest kisebb méretű és alacsonyabb költségű gépek. Kevés műszerrel rendelkeznek, és ritka, ha rendelkeznek adatgyűjtő, vagy adatfeldolgozó rendszerrel. Az FDM-hez kifejlesztett, nyitott kialakítású extrudereknek a kereskedelmi gépekhez hasonlóan négy jellegzetes összetevője van: az extruder, a hűtőrendszer, húzóegység és a tekercselés. Az extrudáló rendszer általában három funkcionális területre oszlik: a konkrét extrudálást megvalósító rendszer, amely áll az extrúziós csigából, egy extrúziós házból és a motorból. Az adagoló zóna, általában 3D nyomtatott alkatrészekkel, és a fűtő zóna, amely általában csak az extrúziós házon lévő gyűrűs ellenállásfűtéssel valósul meg. Általában egy vagy maximum kettő fűtő zónával rendelkeznek. Ezen különböző szerkezeti részeknek többféle konstrukciós formája van. Egyes konstrukciók falapba rögzített nyomtatott alkatrészeket, mások fémlemezeket használnak [40],[41]. Ezek a gépek azonban kevés műszerrel rendelkeznek, egyszerű fűtésvezérlőt és potenciométereket használnak például a motor vagy a hűtés vezérlésére. Ez következőképpen korlátozza őket a folyamatelmzésben és ebből kifolyólag a gyártott filament minőségének, vagy a folyamat során az anyagban keletkező jelenségek ellenőrzésében. A perifériás mechanizmusok a hűtőrendszer, a lehúzó, az átmérőelemzés és az orsózás. A filament hűtési megoldása kétféle lehet, víz és levegő. Ugyanez a két rendszer van jelen kereskedelmi gépekben és nyílt forráskódú projektekben egyaránt. Az átmérő ellenőrzés a fellelhető már elkészült különböző projektek szerint többféle módon történik: tolómérő, optikai érzékelő vagy kamera segítségével [39],[42],[43]. A tolómérővel és szemrevételezéssel végzett elemzés egyszerű. A tolómérő előnye, hogy könnyen beszerezhető, gyakorlatilag nincs kalibrálás, és a kezelő a folyamat során a folyamatosan nyomon követheti a szálátmérőt. A kamera előnye, hogy különböző pozíciókban elemzi az anyagot, és képes értékelni például a szál gömbölyűségét. Az optikai érzékelő konzisztens méréseket tud produkálni, de kalibrálni kell, és a háttérvilágításnak stabilnak kell lennie.

A húzórendszerre mind a vízszintes, mind a függőleges extruderekben szükség van. A legelterjedtebb konstrukciók a hengerművekhez hasonlítanak, ahol a szál egy motorhoz csatlakoztatott és egy szabadon futó henger között halad át.

A csévéelőrendszer a laboratóriumi extruderek kiegészítő részegysége. Csökkenti a szál

szennyeződési lehetőségeit, és a 3D nyomtatókban való felhasználásra kész anyagot készítenek elő. A rendszerek általában két konzollal rendelkeznek, egy tengellyel az orsó felfogatásához, és egy motorral, amely lehet léptető vagy egyenáramú. Ezekben a konstrukciókban leginkább az orsózás során a filament bonyolultabb irányítására szolgáló rendszerek, amik különböznek. Ezen egyszerű rendszerek műszerezéssel való kiegészítése azonban javítaná a megmunkált anyag minőségét, és lehetővé tenné új, kompozit szálak előállítását, jelentősen javítva azok általános tulajdonságait.

Az extrudálási folyamatok leggyakoribb problémái: az áramlás változékonysága, az olvadáshoz szükséges energiakapacitás, a folyamat során fellépő hőmérséklet-ingadozás, a csigák kopása, valamint a polimer szilárdulásával kapcsolatos problémák. A homogenizálás képessége a csiga kialakításától és az extrudált polimertől függ.

A fentieket figyelembe véve, az én labor extruderemmel szemben a következő technológiai követelményeket állítom:

- Részegységei funkcionalitás szerint: extrudálás, átmérő szabályozás, hűtés, csévézés előkészítés
- Minden egység automatizálható legyen egy központi vezérlővel
- minimum 200°C üzemhőmérséklet
- 0,1 kg/h kihozatal

Alap koncepcióm szerint egy csőben elhelyezkedő, villanymotorral hajtott extrudercsiga valósítja meg a folyamatos anyagáramlást. Hogy az anyagtovábbítás közben a szilárd pellet ömledékállapotba kerüljön külső hőközlés szükséges. Ezt egy csőre kívülről szerelt fűtőtest fogja szolgáltatni. Az ömledék alakadása a cső végére szerelt fűvókán keresztül valósul meg. A kívánt filament átmérőt húzás mértékével lehet befolyásolni. A már formát öltött filamentet ventilátorok léghűtéssel szilárdítják meg. Utolsó lépésben, hogy a megszilárdult, kihűlt filament egyenletesen felcsévélezhető legyen, egy megfelelő sebességű alternáló mozgást kell a szálnak végeznie keresztirányba. Így elkerülve a hurkok kialakulását.

3.1. Extrúder ház kiválasztása

A csőház anyagkiválasztásában fő szempontok a hőállóság a magas hőmérséklet miatt, a jó hővezetés a külső hőközlés miatt és viszonylag kicsi felületi érdesség a belső falon, az anyagáramlás súrlódásának csökkentésére. Csőszerelvény fittingek (33. ábra) közül kerestem a megfelelőt, mert ezek az alkatrészek szabványosak, nincs, vagy minimális az utómegmunkálás és szabványon belüli alkatrészek csatlakozása adott.



33. ábra: Csőszerelvény fittingek [44]

Választásom egy 1/2", 150 mm hosszú, mindkét végén menetes réz csőközcsavar (34. ábra). Szabványos alkatrész mivoltán, beszerzése egyszerű, olvadáspontja megfelelően magas (1085°C). A két szabványos menet könnyíti a szerelést és nincs szükség utólagos megmunkálásra.



34. ábra: Réz csőközcsavar [45]

3.2. Extrudercsiga kiválasztása

A hagyományos extrudercsigák gyártása igen bonyolult folyamat, így az árak is magas. Ezt kiküszöbölve a választásom egy 16 mm átmérőjű, 320 mm hosszú fa szerpentin-fúrószar (35. ábra). A forgácsolóélt levágva az eredetileg forgácselvezetésére kialakított horony fogja megvalósítani az anyagáramlást.



35. ábra: Szerpentin fűrő [46]

Meg kell említeni, hogy a jelen szerkezetben használt fűrőszár jelentős hátrányokkal bír a hagyományos extruder csigákkal szemben. Ilyen például az általános gyártási pontossága. Nem lehet pontos illesztést meghatározni az extruder ház és a fűrőszár között. A jelenlegi megoldással szemben a hagyományos extruder csiga, 2.3.5-ös fejezetben ismertetve, speciális geometriával rendelkezik, ami elősegíti az extrudálandó anyag homogenitását és kompresszióját.

3.3. Fúvóka választás

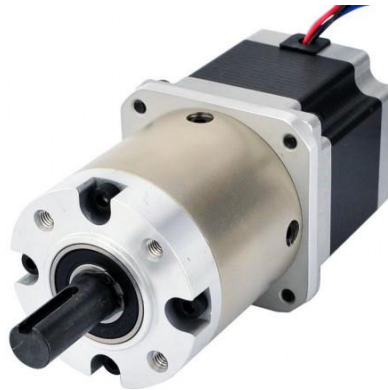
A szabványos extruder házhoz illeszkedő szabványos réz kupak (36. ábra) tökéletes zárást biztosít. Az alakadás a kupakra fűrt megfelelő átmérőjű furat biztosítja (lásd xy melléklet), azonban az extrudált filament átmérője nem minden esetben egyezik meg a furat átmérővel. A fúvókából kilépve az ömledék kirugózását tapasztalhatjuk, ami átmérő növekedést eredményez. Ennek leküzdésére, és a pontos mérettartásra húzóigénybevételnek fogjuk kitenni a szálát.



36. ábra: Réz kupak [47]

3.4. Motor választás

Az extrúziócsiga hajtására alacsony fordulatszámú és magas nyomatékú motor az optimális. Lyman és Mulier munkája alapján egy Nema 23 léptető motor 1:15-ös áttételű fogaskerék hajtóművel, 150 Nmm nyomatékkal ideális választás (37. ábra). Ez a típus könnyen beszerezhető, 3D nyomtatókhoz, kis CNC gépekhez, különféle prototípusokhoz széleskörben használt. [39]



37. ábra: Nema 23 léptetőmotor 15:1 áttétellel [48]

5. táblázat: Nema 23 műszaki leírás [48]

Elektromos specifikáció	
Áramerősség [A]	2,8
Tartó nyomaték hajtómű nélkül [N/m]	1,25
Induktivitás [mH]	2,5
Bipolar/Unipolar	Bipolar
Fizikai specifikáció	
Konzol méret [mm]	Nema 23 (57 x 57)
Hossz [mm]	116
Hajtómű típusa	Bolygóműves
Áttétel	15,3
Egy tengelyes/Két tengelyes	Egy tengelyes
Kihajtó tengely típusa	Reteszes
Tengelyátmérő [mm]	12
Tengely hossz [mm]	30
Vezetékek száma	4
Vezetékek hossza [mm]	500
Tömeg [g]	1500

3.5. Fűtés tervezése

Az előre meghatározott cél az extrúder belsejében legalább 200°C. Ehhez kétfajta fűtőtestet vizsgálunk meg. Fűtő gyűrű (38. ábra) és egy általános ellenállási huzal, például nikrómhuzal (39. ábra), amit egy kenyérpíróban is megtalálunk.



38. ábra: Fűtő gyűrű [49]

6. táblázat: Fűtő-gyűrű műszaki leírása [49]

Műszaki leírás	Érték
Teljesítmény [W]	100
Áramerősség [A]	0,83
Feszültség AC [V]	120
Szélesség tűrés +/- [in]	1/16
Max. hőmérséklet [°C]	482
Szélesség [in]	1
Belső átmérő [in]	1

A nikrómhuzal népszerű választás a laboratóriumi extruderekben használt fűtőelemekhez. Jellemzően spirális elrendezésben tekerik az extruderház köré. Az alábbiakban ezen fűtési technológia használatának előnyeit és hátrányait ismertetem.

Előnyök:

- Egyenletes fűtés. A ház köré tekerve egyenletes hőátadást biztosít a hordó teljes tekercselt hosszában. Ezzel biztosítva a műanyag granulátumok egyenletes olvadását és javítva az extrudált szál általános minőségét.

- Rugalmas beépíthetőség. A nikrómhuzal különböző variációkban tekerhető a test köré, amelyekkel különböző fűtési profilok érhetők el. Ezáltal sokoldalú fűtőforrássá válik, amely a speciális extruder egyedi követelményeihez igazítható.
- Alacsony költség: Ezen fűtési megoldás viszonylag olcsó, ami vonzóvá teszi az alacsony költségvetésű gépek számára.

Hátrányok:

- Lassú felfűtés: az ellenálláshuzal lassabban melegszik, mint néhány más fűtőforrás, ami azt jelenti, hogy hosszabb ideig tarthat az extrúder felmelegítése, ezáltal később indulhat meg az extrúzió folyamata.
- Bonyolult szerelés: A huzal feltekercselésénél fokozott figyelmet kell fordítani, hogy ne keresztezzék egymást a menetek, illetve hézagmentesen feküdjön fel a házra.

Ezzel szemben a fűtő gyűrű gyors felfűtést valósít meg, tehát hőátadás kezdetétől rövidebb időn belül indulhat meg az extrudálás. Emellett előnyei közé sorolható az egyszerű telepítés, hiszen a ház köré a megfelelő pozícióba rögzítve egyből fűtésre alkalmas. Hátránya viszonyt a huzallal szemben az egyenetlen, kizárólag lokális fűtés, hiszen csak a gyűrű alatt történik a hőátadás. Ez magával vonzza a szűkebb fűtési profil kialakítási lehetőségeket. Nem utolsósorban az ára is magasabb a fent említett opciónál.

Konklúzióként a nikrómhuzal kerül beépítésre, ugyanis a felfűtési sebesség nem játszik fontos szerepet a laboratóriumi környezetben, és az egyenletes fűtés, illetve az alacsony költség is ez a fűtési opció mellett szól.



39. ábra: Nikrómhuzal 60 [50]

7. táblázat_ Nikrómhuzal 60 műszaki leírása [50]

Műszaki leírás	Érték
Sűrűség [g/cm ³]	8,2
Villamos ellenállás 20 ° C-on [Ω mm ² /m]	1,12
Vezetőképességi együttható 20 ° C-on [WmK]	13
Hőtágulási együttható 20-1000 °C [$\times 10^{-6}$ /K]	17
Hőteljesítmény 20 °C [J/gK]	0,46
Olvadáspont [°C]	1390
Maximális folyamatos üzemi hőmérséklet a levegőben [°C]	1150
Mágneses tulajdonságok	nem mágneses

3.6. Hűtés tervezése

Az extrudálási folyamat során az olvadt műanyagot magas hőmérsékletnek teszik ki, és a gyors lehűtés elengedhetetlen a deformáció megelőzése és a szálak előírt átmérőjének megtartása érdekében. A hűtőrendszer ezért minden szál extrudálási berendezés kritikus eleme. A gyakorlatban két elterjedt hűtési forma található meg, a vízűtés és a léghűtés. Ezeket fogom a továbbiakban megvizsgálni.

A léghűtés biztonságos és környezetbarát, mivel nem igényel vizet, így nem áll fenn a vízszennyezés vagy az elektromos veszélyek kockázata. Emellett tiszta hűtési módszer is, hiszen víz nélkül nem áll fenn a baktériumok elszaporodásának veszélye. A léghűtés nem igényel rendszeres karbantartást, mivel nincsenek szivattyúk, szűrők vagy hőcserélők. Ez teszi ezt a technológiát alacsonyabb karbantartási igényűvé. Szerelhetőségét tekintve ugyancsak a léghűtés a kedvezőbb választás, hiszen nem igényel bonyolult berendezéseket vagy vízvezetékeket. A forró filamentet egyszerűen hideg levegő ráfújásával lehet lehűteni. Mindazonáltal a léghűtés egyenetlen hűtést okozhat, mivel a hűtési sebesség nem minden esetben egyenletes az extrudált szál teljes hosszában. Ez a szál átmérőjének eltérését eredményezheti, és befolyásolhatja általános minőségét. Illetve a vízűtéssel szemben erősen függ a környezeti jellemzőktől, mint hőmérséklet és páratartalom. Ugyanis relatív magas hőmérsékletű, vagy magas páratartalmú környezetben romlik a hűtési képessége.

A rendszer bonyolultságát csökkentve, és a 2.4-es fejezetben található piacelemzés hatására léghűtés kerül beépítésre, ezzel elkerülve a plusz szükséges kiegészítő elemeket, alacsonyan tartva a karbantartási igényt és egy bevált technológia kerül beépítésre. Kiválasztásra a legegyszerűbben beszerezhető 12V-ról működtethető számítógép hűtőventilátor került 60x60x25mm méretben (40. ábra).



40. ábra: 12V-os PC hűtőventilátor [51]

3.7. Szabályozás

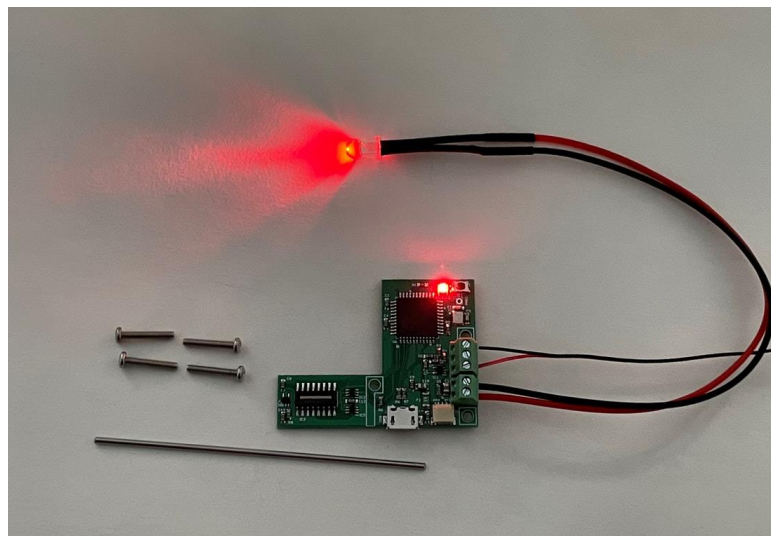
Filament extrudálás során kifejezett figyelmet szükséges fordítani az állandó szálátmérőre, ugyanis a majdani felhasználás, 3D nyomtatás, során kellemetlenséget okozhat a felhasználónak. Az állandó filament átmérő biztosítja az anyag egyenletes áramlását a nyomtató extruderben és a fűvókán keresztül, ami elengedhetetlen a kiváló minőségű nyomtatott munkadarabok előállításához. Ha a szál átmérője változik, az bizonytalanságokat okozhat a nyomtatott tárgyban, ami rossz minőségű és/vagy hibás nyomatokat eredményezhet. Mindezek mellett csakis az egyenletes szálátmérő teszi lehetővé a nyomtató pontos kalibrálását, ami a kívánt nyomtatási eredmények eléréséhez elengedhetetlen.

A tervezett extruder ezt a fajta szabályozást egy érzékelő egység és két egymástól független vezérelhető elem segítségével valósítja meg. A tényleges beavatkozás a forró alakadott filament húzó igénybevételével módosítja a szálátmérőt a kívánt méretre. Ezzel a húzással a még forró filamentet nyújthatjuk, így csökkentve az átmérőjét. Ezen utólagos alakítási folyamat sikerességéhez elengedhetetlen a megfelelő hűtés. Hiszen ahhoz, hogy húzni lehessen az extrudált szálát elkerülhetetlen a fizikai kontakt, ami rongálhatja a

filamentet, ha az nincs megfelelően lehűtve. Azonban túl nagy hűtés teljesítmény sem ideális, mivel a gyártott szál túl hamar lehül és nincs ideje átmérő csökkenés mellett nyúlni.

Összegezve a szabályozási rendszer működését a beépített átmérő szenzor folyamatos jelet küld a vezérlőegységnek, amit az feldolgoz és vagy megjelenít a felhasználónak, hogy az manuálisan beállíthassa a megfelelő húzóerőt, vagy automatikusan szabályozhatja a húzást. Mindkét lehetőség adott, a pontos kialakítást későbbi megfontolások befolyásolhatják.

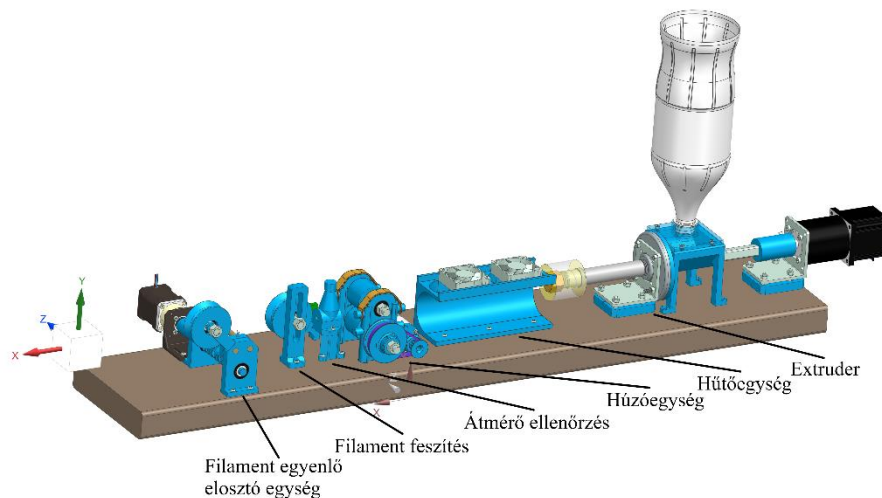
Kiválasztásra egy Filip Mulier által fejlesztett szenzor került, amely $\pm 0,02$ mm pontossága megfelelő a feladatra.[52]



41. ábra: Filip Mulier által fejlesztett Átmérő szenzor [53]

3.8. Teljes összeállítás

Az alábbi ábra szemlélteti a laboratóriumi extruder felépítését.



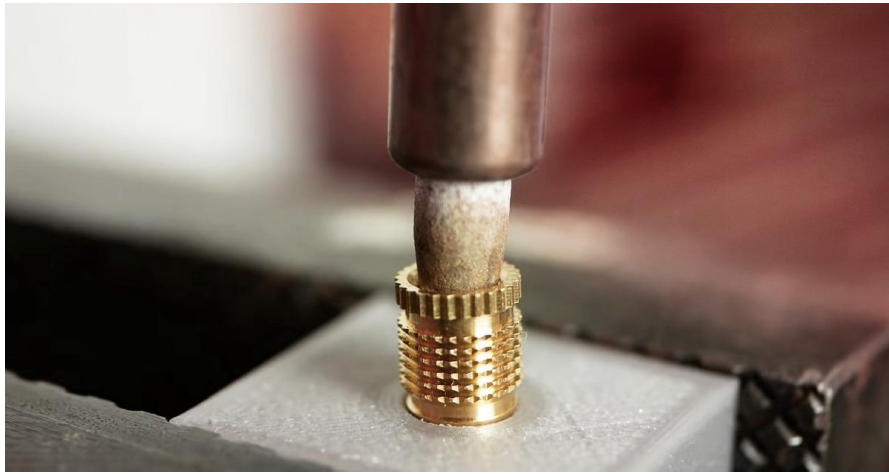
42. ábra: A teljes összeszerelt laboratóriumi extruder

Hat teljesen elkülöníthető alszerelés alkotja a teljes szerelést. Az anyagáramlás irányában, tehát jobbról balra találjuk az extruder alszerelést, ami a pellett betáplálásáért, megolvasztásáért és az ömledék alakadásáért felel. Ezután a forró, képlékeny filament áthalad a hűtőegység alatt, ahol ventilátorok keltette léghűtés szilárdítja meg. Ezzel a halmazállapot-változással párhuzamosan húzóigénybevétellel szabályozza a szál átmérőjét a húzóegység. Tovább haladva az átmérő ellenőrző egység végzi el a mérést és küldi az adatokat a vezérlőegységre. Következő alszerelés egy egyszerű filament feszítés, hogy feszes szál érkezzon az elosztó alszerelésre. Ez az alegység alternáló mozgással szabályozhatja a később hozzáépíthető csévlő rendszeren, hogy egyenlő elosztásban feküdjön a filament a hengeren és ne keletkezzenek hurkok. Ezek a hurkok akadályoznák a letekerést és ezzel a 3D nyomtatás folyamatát.

3.9. Alegységek bemutatása

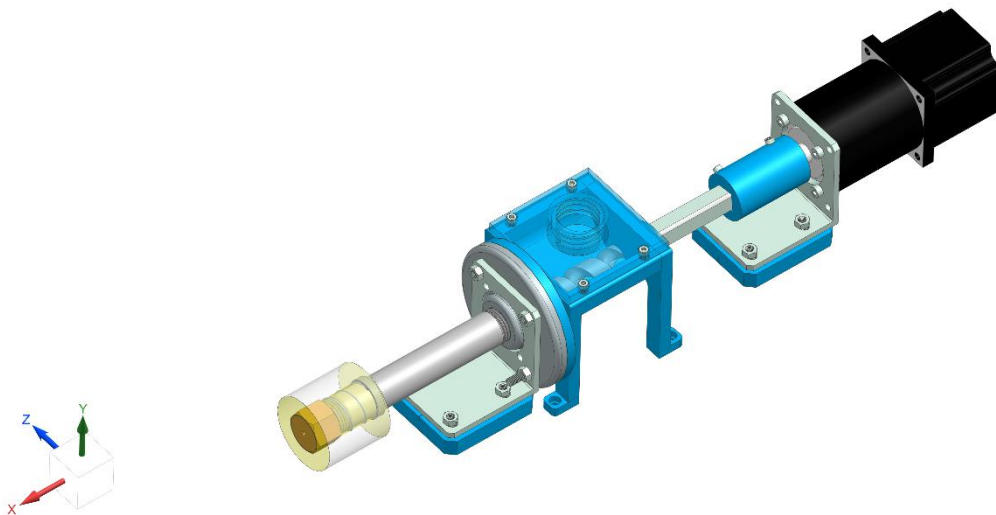
Az előző fejezetben említett teljes összeállítást fogom alszerelési egységként bemutatni. Előljáróban fontos megjegyezni, hogy sok helyen oldható csavarkötés került beépítésre. Azonban a műanyag alkatrészekben nincs elkészítve a menet. Ennek okai a bonyolult megmunkálás, és az olcsó anyagválasztás végett a gyenge anyagminőség nem biztosítana megfelelő kötési erőt. Ezért a meneteket utólag illesztjük be az alkatrészekbe úgynevezett menetes betétekkel. Ezeket a megfelelő hőmérsékletre hevítve, például

forrasztópákával, könnyen belenyomhatjuk az alkatrészbe, mivel az hő hatására képlékennyé válik (43. ábra). Ezután az újraszilárdulás következtében kialakul a kötés az alkatrész és a menetes betét között.



43. ábra: Menetes betét behelyezése forrasztópákával [54]

3.9.1. Extruder alöszeállítás



44. ábra: Extruder alöszeállítás

A Nema 23 léptető motor felfogatására az ő saját, könnyen beszerezhető felfogató lemezét használtam (45. ábra). Viszont, hogy a kellő magasságban álljon a motor, egy saját

tervezésű darabot kell a felfogató lemez és az alaplap közé fogatni.



45. ábra: Nema 23 felfogató lemez [55]

A léptető motor és az extrudercsiga közötti nyomaték átvitelt egy saját tervezésű merev tengelykapcsoló valósítja meg. A tengelyek alakzáró kötéssel adják át a nyomatékot. Ez az alakzárás a tengelykapcsoló geometriájából adódik, illetve a plusz rögzítés érdekében egy-egy M3x10-es belső kulcsnyílású csavar tartja helyben a tengelyeket.

Balra tovább haladva találjuk a garatot, ahol az alapanyag betáplálásra kerül a rendszerbe. A költséghatékonyság miatt egy levágott végű PET palack szolgál tartályként a feldolgozásra váró pelleteknek. Ez az egyetlen eset, ahol a műanyag fedőlapban van elkészítve a műanyag menet. A fedőlap oldható csavarkötéssel került rögzítésre, ezzel segítve a garat takarítását.

A 3.1-es fejezetben ismertetett extruder ház egy ugyancsak szabványos csőszerelvényekhez használt csőperemmel kerül rögzítésre. Nevezetesen MSZ 2907 DIN 2566 szabványból DN 15 jelölésű menetes karima (46. ábra), melynek a furat osztókördátmértője egybeesik a Nema 23 felfogatólemez furataival. Hőszigetelés gyanánt a menetes karima és a garat közé beépítésre került egy további egyedileg tervezett tárcsa szerű alkatrész.



46. ábra: Menetes karima csőszerelvényekhez [56]

Az extruder ház végén a fűvókától kezdődően indul a nikrómhuzal tekercselése. Első iterációra 26mm hosszon, de a pontos hossz és menetsűrűség tapasztalati úton kell, hogy legyen meghatározva. A nikrómhuzalra polyimid ragasztószalag kerül (47. ábra). Fontos figyelembe tartani, hogy a rögzítőszalag 260°C-ig hőálló, így kizárólag ez a hőmérséklet alatt üzemelhet a gép. [57] A szalag szerepe kettős, egyrésztől pozícióban tartja a fűtő elemet, másrésztől hőszigetelést biztosít. Ezután pedig 5 cm vastag üvegyapot szigetelés kerül felkülső réteggé. Az üvegyapot mögött kapott helyet a szabályzáshoz elengedhetetlen termisztor.

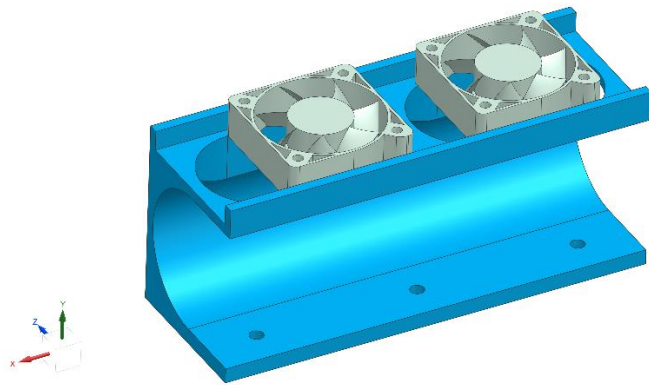


47. ábra: Polyimid ragasztószalag [57]

Az extrudercsiga úgy lett méretre vágva és pozícionálva, hogy minden része kint maradjon a fűtési zónán. Ezzel csökkentve az esélyt, hogy a gép leállítása után a maradék ömledék belekössön a extruderbe és mozgásképtelenné tegye a csigát. Ha a gyarkolat szükségessé teszi, ki van alakítva a hely egy hűtő ventilátor számára, amely nem a filamentet, hanem az extruder garat felöli hőszigeteléstől mentes részét hűtheti. Így szilárd állapotban tartva az alapanyagot.

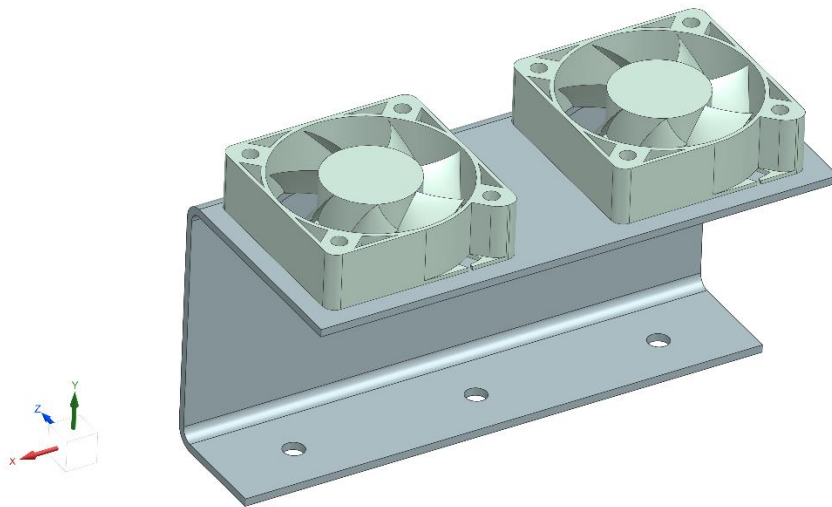
3.9.2. Hűtőegység alöszeállítás

A hűtőventilátorok beállításánál optimális hűtési profil elérésére kell törekedni. A pontos ventilátor darabszám és pozíció minden esetben az alapanyag függvénye, ezért a hűtőkonzol tervezésénél a rugalmas ventilátor pozícionálásra törekedtem. Illetve a gép indításánál szükség van emberi beavatkozásra az extrudált filament szál húzó hengerek közé való bevezetésénél. Ezt a folyamatot könnyítve a konzol felhasználó felöli része nyitott, teret biztosítva a beavatkozásra.



48. ábra: Hűtőegység összeállítás

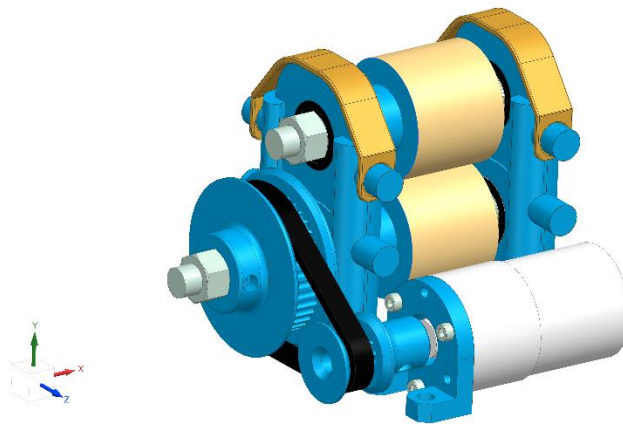
Amennyiben a fenti műanyag alkatrész a gyakorlatban szilárdságilag gyengének bizonyulna, alternatíva képpen lemezből készült alkatrésszel cserélhetjük (49. ábra).



49. ábra: Hűtőegység összeállítás alternatíva

3.9.3. Húzóegység összeállítás

A húzóegység felel az operatív filament átmérő szabályozásért. A már hűtés hatására megkeményedett filament az extrudálás megkezdésekor emberi beavatkozással befűzésre kerül a görgők közé. Ez a két görgő valósítja meg a húzóigénybevételt a alakadott szálban, ami okozza az átmérőcsökkenést. Minél nagyobb a húzóerő, annál karcsúbb filamentet kapunk.



50. ábra: Húzóegység alszerelés

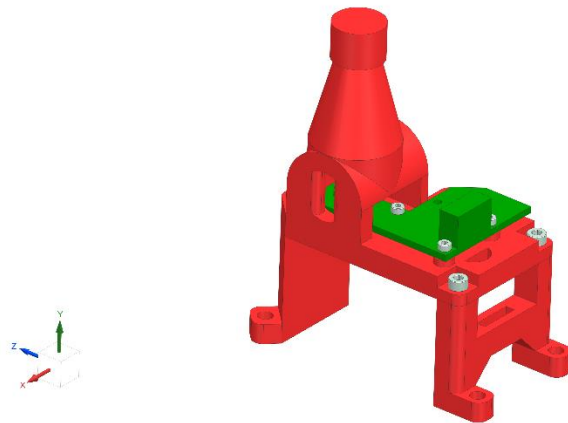
A fenti ábrán látható a szerelt egység. A görgők palástfelületén ragasztott finom szemcsésű csiszolópapír javítja a súrlódási együtthatót a görgő és a filament között. 12V-os egyenáramú motor biztosítja a nyomatékot, amely azt egy 40/12 -es, azaz 3,33-as lassító áttételű bordásszij-hajtáson adja át az alsó görgő tengelyének. A két görgő egymáshoz képest vertikális irányba képes elmozdulni. A súrlódási erő kialakulásához szükséges nyomóerőt a felső görgő biztosítja, egy állítható feszességű gumiszalag feszítése által. A hűtőegységhez hasonlóan itt is van alternatíva, amennyiben a szijtárcsák nem lennének megfelelők. Itt egy kereskedésben kapható alumínium tárcsa (51. ábra) helyettesítheti a műanyagot.



51. ábra: Alumínium bordásszij-tárcsa [58]

3.9.4. Átmérő ellenőrzés

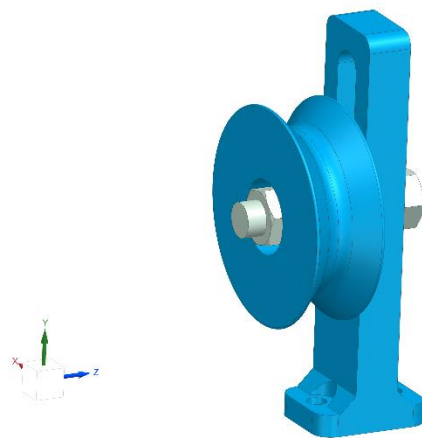
A filament átmérő mérésére Filip Mulier munkáját illesztettem be, egy már létező nyílt forráskódú konzolba. [40],[52] A szenzor lehetőséget biztosít a folyamatos átmérő monitorozásra és a húzóegység alszerelés szabályzásában a visszacsatolásra.



52. ábra: Átmérő ellenőrzés [40]

3.9.5. Filament feszítés

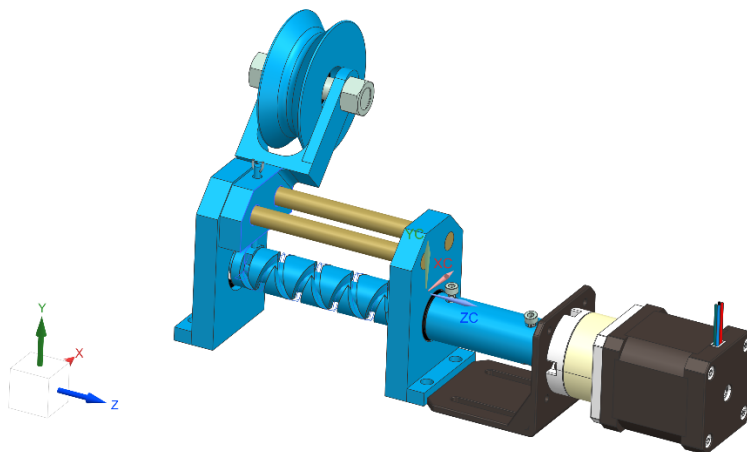
A feszítőegység feladata az extrudált szál feszesen tartása, ezzel könnyítve annak irányítását. A tárcsa emelésével és süllyesztésével lehet beállítani a kívánt feszességet.



53. ábra: Filament feszítő

3.9.6. Filament egyenlő elosztó egység

Ha a későbbiekben hozzáépített csévlő csak önmagában futna a feltekercselt szál rendezetlen lenne. Ez a lecsévlésénél jelentene nagy problémát, hiszen az átfedések miatt nem lenne folyamatos a hengerről lejövő filament. Megakadások, ugrások keletkeznének, amelyek a végfelhasználás során nem kívánatosak. Ezt hivatott megakadályozni ez az alöszeállítás.



54. ábra: Filament egyenlő elosztó egység

A szerkezet szívet az egyszerre jobb- és balmenetes, legjobban egy csigakerékre hasonlító tengelyszerű elem adja. A Nema 17 léptetőmotor jól szabályozható fordulatszáma megfelelően lassú forgásra képes. Ezt kihasználva nem kell lassító áttételt alkalmazni, hanem egy merev tengelykapcsolóval átadható a nyomaték a csigakerékre. Ez megvezet a spirál menti horonyban egy formázott végű csapot, ami a fenti két tengelyen megvezetésre került. A 17 mm-es menetemelkedés és a forgómozgás együttese ezen a lineáris pályán mozgásra kényszeríti a felső részt. A különleges csigakeréknek nincs szüksége forgásirány váltásra, hogy a végpontot elért felső részt visszahozza eredeti állapotába. A jobb- és balmenet a két végén egy menetemelkedés nélküli félkörrel össze van kötve. Így a végpontokon átvált a másik irányítottágú menetre. Ezzel kialakítva az egyirányú forgómozgás mellett az alternáló mozgást. A motor sebesség szükséglete függ a csévézés sebességétől, ami csak az extrudálási sebességtől függ. Tehát a menetemelkedés és a pontos extrudálási sebesség ismeretében pontosan beállítható a motor sebessége.

4. Egyedi gyártásra tervezett alkatrészek

Az előző hármas pontban az összeállítási ábrákon bemutatott alkatrészek egy része egyedi tervezésű, egyedi gyártást igénylő alkatrész. Ezek bemutatása következik a következő pontokban. Kék színnel jelöltem az egyedi tervezésű alkatrészeket, pirossal a fent említett átmérő ellenőrzésre szolgáló alszerelésben lévő nem általam tervezett alkatrészeket. Azoknál az alkatrészeknél, ahol szilárdságtani problémák léphetnek fel alternatívát is megjelöltem, ilyen esetben a sorszám x/y alakú.

A célkitűzésben foglaltak szerint, minél több DIY módszer szerint gyártható alkatrésszel terveztem. Ebben a kategóriában a legegyszerűbb és leggazdaságosabb gyártási technológia a 3D nyomtatás. Mint legfontosabb jellemző, a kedvező ár, mellé felsorakoztathatjuk a nyomtatás előnyei között a:

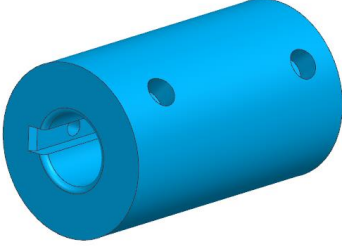
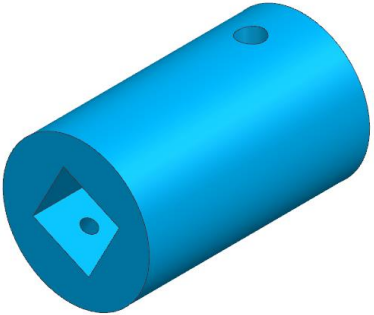

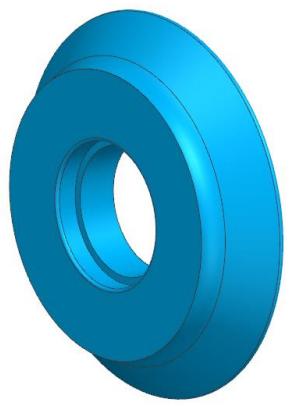
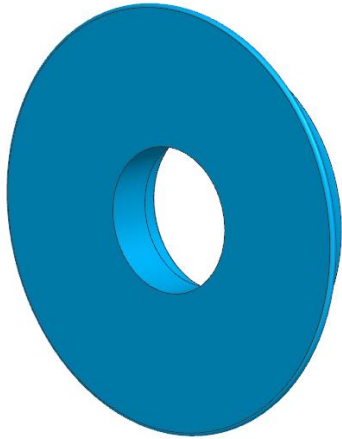
- drága szerszám nélküli gyártást,
- szinte hulladékmentes megmunkálást,
- komplex geometriák extra költség nélküli kimunkálását,
- akár biológiailag lebomló anyag használatát.

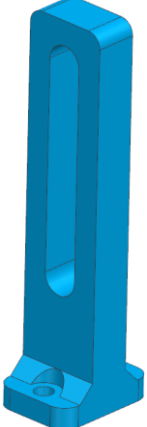

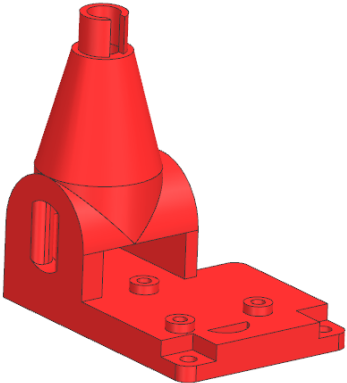
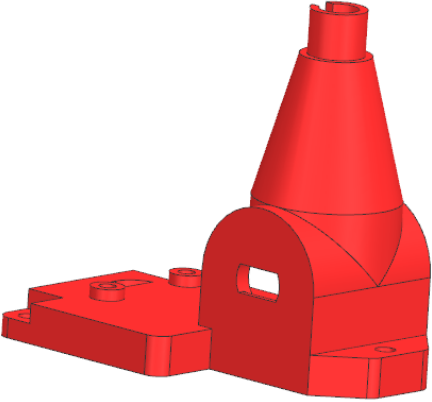
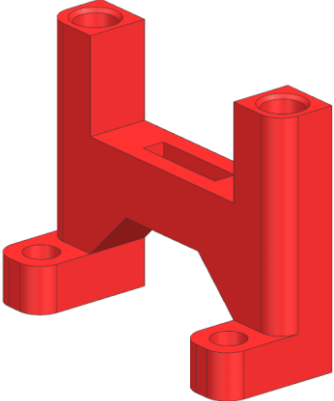
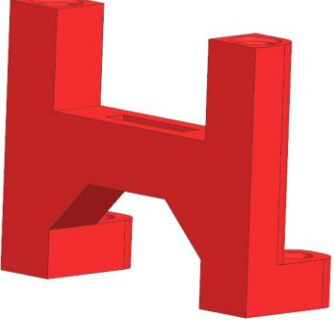
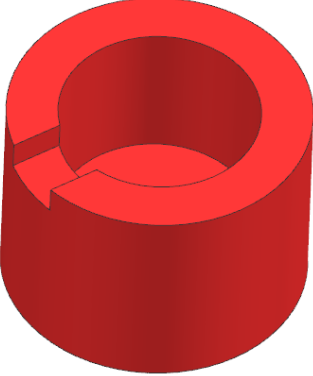
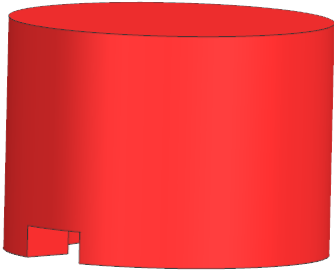
Természetesen meg kell említeni a hátrányait is, amik a következők lehetnek:

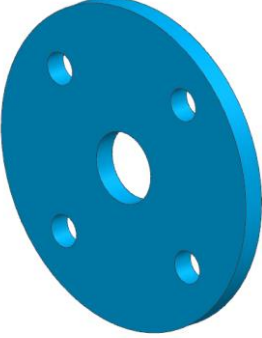
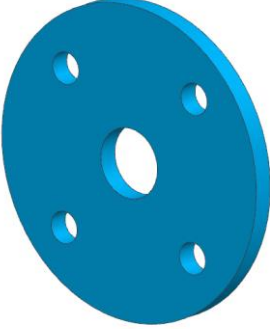
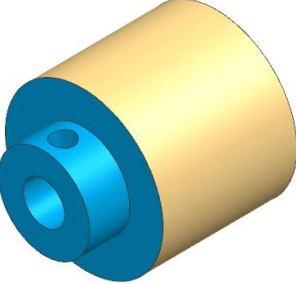
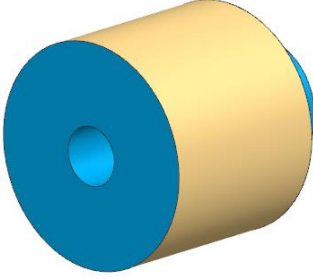
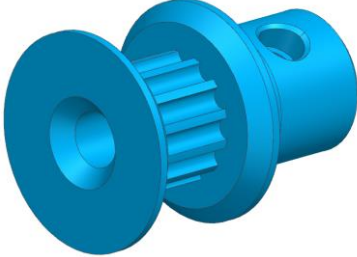
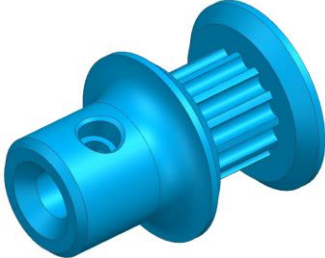

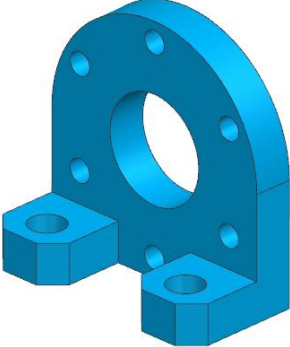
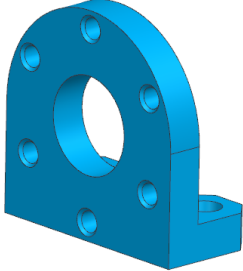
- gyártási pontossága messze elmarad a hagyományos anyageltávolító műveletektől
- mechanikai jellemzői korlátozottak
- munkadarabok gyártási költsége és ideje nem változik a gyártandó mennyiséggel
- a biológiai lebomlás ideje is sorolható

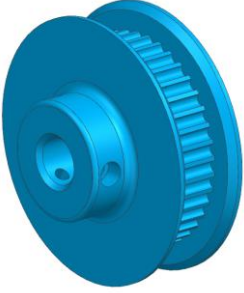
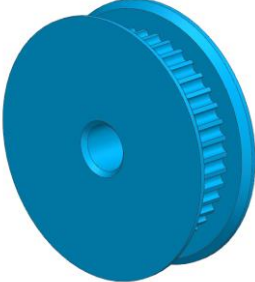

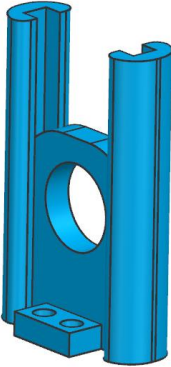
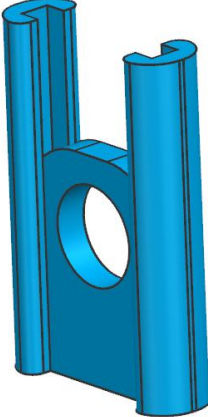
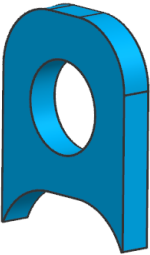
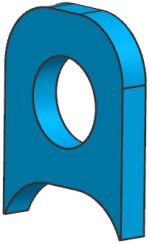
Mindent egybevetve a jelenlegi prototípus konstrukcióban PLA, gyengébb, lebomló anyagot és PETG erősebb, hőállóbb anyagot használok.



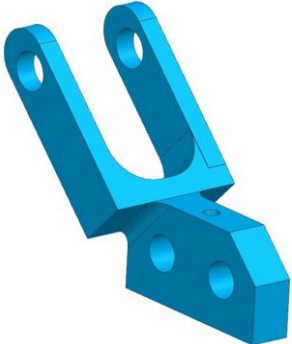
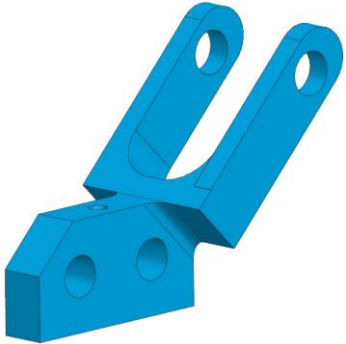


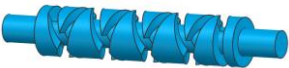
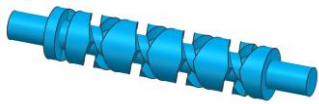
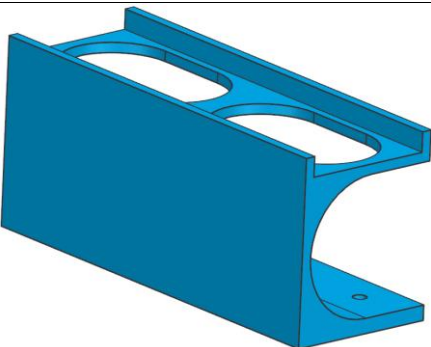
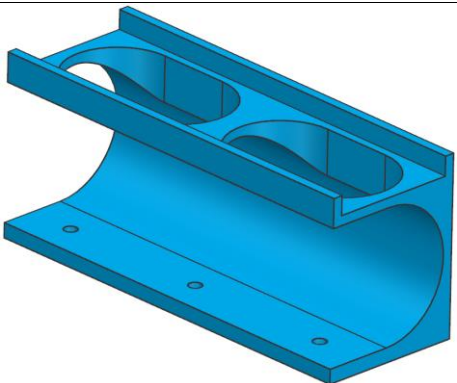
8. táblázat: Egyedi gyártásra tervezett alkatrészek

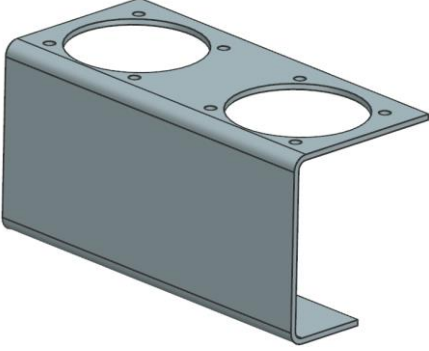
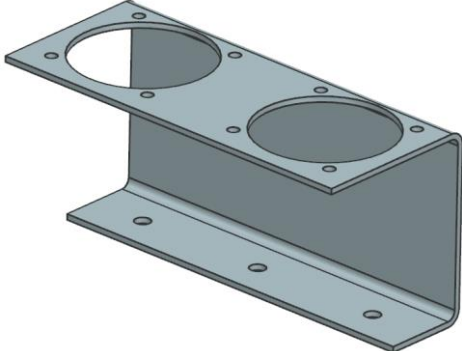
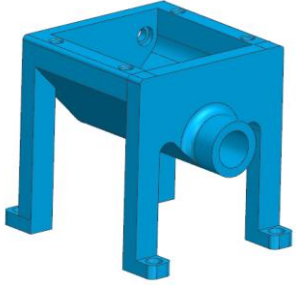

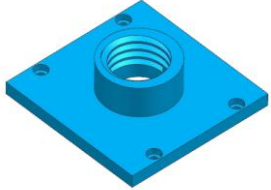
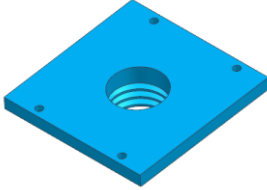
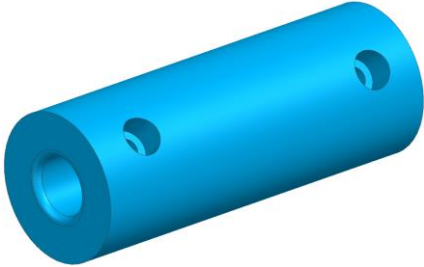
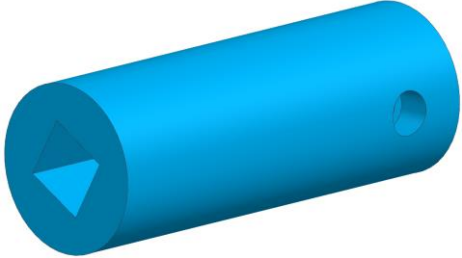
Ssz.	Megn.	Db-	Kép	Kép
1/1	Motor-extrudersiga tengelykapcsoló	1		
1/2			 55. ábra: Tengelykapcsoló [59]	
2	Filamentvezető féltárcsa	4		

3	Filamentfeszítő-konzol	1		
4	Filament átmérő ellenőrző ház	1		
5	Filament átmérő ellenőrző konzol	2		
6	Filament átmérő ellenőrző kupak	1		

7	Hőszigetelő tárcsa	1		
8	Görgő	2		
9/1	Szíjtárcsa z = 12, d = 11,46 mm	1		
9/2			Alumínium bordásszj-tárcsa d=11,46mm [58]	
10	DC motor konzol	1		

11/1		1		
11/2	Szíjtárcsa z = 40, d = 38,2 mm		 <p data-bbox="730 920 1262 958"><i>Alumínium bordásszíj-tárcsa d=38,2mm [58]</i></p>	
12	Hűtő konzol alsó	2		
13	Hűtő konzol felső	2		

18	Filament osztó konzol	2		
19	Tárcsa konzol	1		
20	Vezetett tűske	1		
21	Spirál	1		
22/1	Hűtő konzol	1		

22/2				
23	Garat	1		
24	Garat fedő	1		
25	Motor-csigakerék 1tengelykapcsoló	1		

5. Gazdasági számítás

Az alábbi 9. táblázat listázza a 3D nyomtatott alkatrészeket és a kinyomtatásukhoz szükséges filamentet. A szükséges filament mennyiségét Ultimaker Cura szeletelő szoftvere afja. Kétféle filamentet használok a nyomtatáshoz PLA és PETG-t. PLA árát 9000 HUF/kg-ra fixáltam [60], a PETG árát 12200 HUF/kg-ra. [61]

9. táblázat: 3D nyomtatott alkatrészek gazdasági összegzése

Alkatrész	Anyag	Anyagszükséglet	Db	Egységár	Teljes ár
Konzol toldó	PLA	13	2	117	234
Hűtő konzol	PLA	128	1	1152	1152
DC konzol	PLA	10	1	90	90
Húzó konzol	PLA	41	2	369	738
Görgő	PLA	15	2	135	270
Átm.ell.kupak	PLA	2	1	18	18
Átm.ell.ház	PLA	21	1	189	189
Átm.ell.konzol1	PLA	4	1	36	36
Átm.ell.konzol2	PLA	6	1	54	54
Fesz. Konzol	PLA	22	1	198	198
Féltárcsa	PLA	9	4	81	324
Tárcsa konzol	PLA	24	1	216	216
Profil	PLA	2	1	18	18
Osztó konzol	PLA	20	2	180	360
Csigakerék	PLA	18	1	162	162
Tengelykapcsoló	PETG	15	2	183	366
Szíjtárcsa	PETG	11	1	134,2	134,2
Szíjtárcsa	PETG	22	1	268,4	268,4
Garat fedőlap	PETG	22	1	268,4	268,4
Garat szigetelés	PETG	20	1	244	244

Garat	PETG	152	1	1854,4	1854,4
Szum					7194,4

Kerekítve 7200 forint az anyagköltsége a nyomtatott alkatrészeknek. Következő 10. táblázatban a kereskedelmi árak vannak listázva hasonló módon.

10. táblázat: Kereskedelmi árak gazdasági összegzése

Alkatrész	Db	Egységár	Teljes ár
Nema 23 [62]	1	16650	16650
Nema 23 konzol [63]	2	3145	6290
Csőközcsavar [45]	1	2287	2287
Menetes karima [64]	1	1869	1869
Fúvóka [47]	1	428	428
Fűtőszál [65]	1	858	858
Üveggyapot [66]	1	684	684
Extrudercsiga [46]	1	3400	3400
Termisztor [67]	1	100	100
Nema 17 [68]	1	17000	17000
Nema 17 konzol [69]	1	1770	1770
SUNON 50x50 mm [70]	2	1165	2330
PCB sensor [71]	1	24500	24500
12V DC motor [72]	1	2000	2000
Bordásszj [73]	1	200	200
Golyóscsapágy 10x15x4mm [74]	6	300	1800
Polyimid ragasztószalag [57]	1	1830	1830
Szum			82166

Tehát a kereskedelemben kapható árak kerekítve 84000 forintért szerezhetőek be. Így az összes alkatrész egyben 91200 forint.

6. Minőségbiztosítás

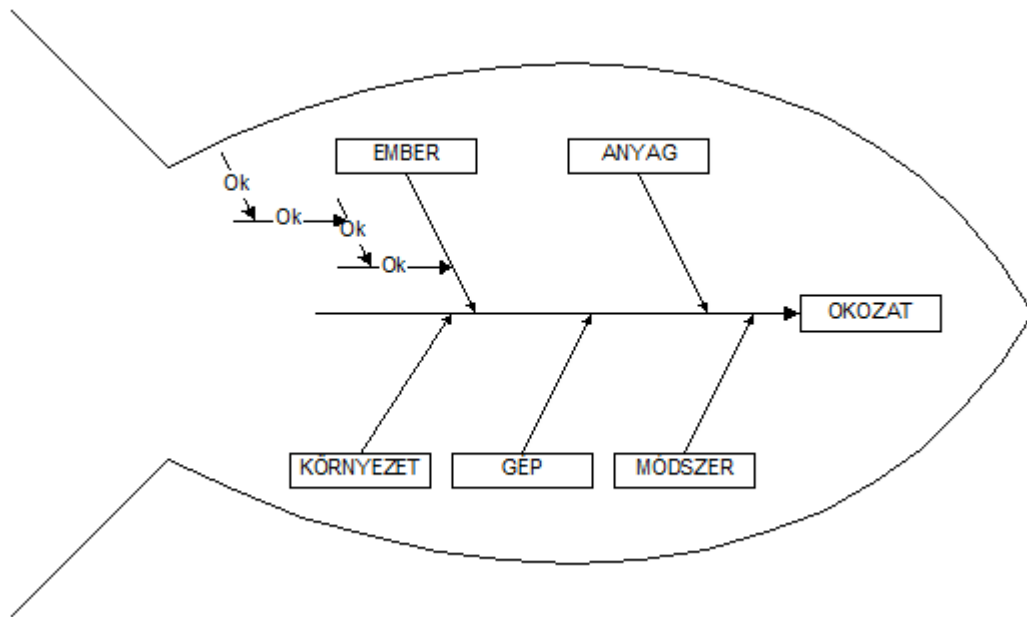
A minőségbiztosítás egy olyan folyamat, amely biztosítja egy termék vagy szolgáltatás minőségét. Számos oka van annak, hogy miért fontos a minőségbiztosítási folyamat. Először is, ha egy termék vagy szolgáltatás minősége nem felel meg a szabványnak, az a fogyasztók elégedetlenségéhez és potenciálisan alacsonyabb eladásokhoz vezethet. Másodszor, a minőségbiztosítás segíthet megelőzni a hibás termékek piacra kerülését, aminek komoly pénzügyi következményei lehetnek. Végül pedig egy jó minőségbiztosítási folyamat segíthet biztosítani, hogy a termékek vagy szolgáltatások megfeleljenek az ügyfelek követelményeinek és elvárásainak. Minden esetben olcsóbb és hatékonyabb a hibák megelőzésére erőforrást fordítani, mint a hiba bekövetkezésekor „tűzoltó” tevékenységekkel enyhíteni a károkat. Optimális esetben egy gép, vagy folyamat üzemeltetését nem az állandó bekövetkezett eseményekre adott válaszreakció irányítja, hanem információ alapú, előre megtervezett intézkedések.

Ilyen információ alapú megelőző intézkedések folyamatában szükség van ok-okozati elemzésre. Ennek egy széleskörben elterjedt eszköze az Ishikawa diagram, vagy más néven halszálka diagram. Ilyenkor általában brainstorming (ötletroham) alapján cetlikre írnak lehetséges okokat, majd a cetliket elhelyezik a halszálka diagramon (lásd 56. ábra). Ezután a fő okoknak meg kell keresni az al-okait, ezeknek ismét az al-okait és így tovább, több szinten keresztül. Minél lejjebb tudunk menni a „miért?” kérdések feltevésével annál jobb. A szakirodalom öt szintet ajánl [75]. Ha elérünk egy olyan okhoz, ahonnan nem tudunk lejjebb menni, azokat nevezzük gyökérokoknak. Ha ezen végigmentünk minden oknál, megkíséreljük kiválasztani a meghatározó okokat.

Célja az okfeltárás jelentőségének, szerepének megértése. Ez az eszköz nem számszerűsít, az okok sokféleségét tünteti fel. Hozzásegít a probléma gyökerének a megtalálásához. Az ok-okozat diagramon az okozat a jobb oldalon van feltüntetve, míg a fő okai ennek az okozatnak a vízszintes tengelyen. A 4 vagy 5 fő okcsoport (4M, 5M) a következő lehet:

- ember (Man),
- anyag (Material),
- gép (Machine),
- módszer (Method),
- környezet (Milieu)

Az ok-csoportokat értelemszerűen alkalmazzuk. Például „gép” csoport helyett „eszköz” csoportot használhatunk.



56. ábra: Az Ishikawa módszer

8. Összegzés

Szakirodalmi áttekintést követően értékeltem a kereskedelmi forgalomban kapható extrudációra alkalmas kis méretű asztali (labor) extruderek típusait, jellemzőit. Ezeket összehasonlítottam, és ezt követően kialakítottam a saját szempontjaimat. Átgondolt konstrukciós elképzeléssel sikerült megvalósítani a célmeghatározásban foglaltakat:

- Könnyű használhatóság: A konstrukció egyszerű lineáris felépítéséből adódóan teljesen átlátható a folyamat minden eleme
- Alap polimer és kompozit filamentre is alkalmazhatóság: Megfelelően robusztus extruder részösszeállítás került beépítésre, ami képes a laboratóriumi körülmények közt végzett tesztekre 260 °C-ig.
- Kedvező gazdasági szempontok miatt olcsó DIY (csináld magad) alkatrészek felhasználásával készüljön: Alkatrészek túlnyomó többsége egy egyszerű hobbi FDM 3D nyomtatóval gyártható, és az összköltség 100.000Ft alatt maradt.
- Változtatható paraméterek biztosítása: Minden motor kiválasztásánál lényeges szempont volt a szabályozhatóság, illetve fűtés és hűtés tekintetében is van rugalmasság.
- Tartalmazza a főbb technológiai folyamatokat, mint extrudálás, átmérő szabályzás, mérés és utólagos egyszerű tekerceselés beépíthetőség: Minden funkció beépítésre került.
- Környezettudatos gyártás: Egyedileg gyártott alkatrészek megfelelő körülmények között biológiailag lebomlanak.

Következőkben tovább szeretném gondolni a folyamatot. Ha lehetőségem lesz rá és a valóságban is megvalósításra kerül az eszköz, akkor az ottani vizsgálatokkal, üzemi tesztekkel a hiányosságokat felderítve, azokat kompenzálni tudom. Például kérdéses lehet a garathűtés szerepe. Ezzel a jövőben egy megfelelő terméket létrehozni.

9. Summary

Following a literature review, I evaluated the types and characteristics of commercially available small desktop (laboratory) extruders suitable for extrusion. I compared these and then developed my own criteria. Through a well thought-out design concept, I was able to achieve the objectives set out in the objectives statement:

- Ease of use: the simple linear design of the construction makes all elements of the process completely transparent
- Applicability to both basic polymer and composite filament: A suitably robust extruder sub-assembly has been incorporated, capable of testing under laboratory conditions up to 260 °C.
- Due to favorable economic aspects, it should be made using inexpensive DIY (do-it-yourself) parts: the vast majority of parts can be produced with a simple hobby FDM 3D printer, and the total cost is below 100.000Ft.
- Providing variable parameters: adjustability was an important consideration in the selection of all engines, and there is also flexibility in heating and cooling.
- Includes the main technological processes such as extrusion, diameter control, measurement and simple post-coiling.
- Environmentally friendly manufacturing: custom-made components are biodegradable under appropriate conditions.

I would like to think about the process further in the future. If I have the opportunity and the device is implemented in reality, I can compensate for the shortcomings by carrying out tests and operational tests there. For example, the role of the garage cooling may be questionable. This will allow a suitable product to be created in the future.

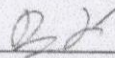
4. sz. függelék – Hallgatói és konzulensi nyilatkozat minta

NYILATKOZAT

Alulírott Falvy Balázs, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépészmérnöki MSc szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 05 hó 08 nap


Falvy Balázs, Hallgató

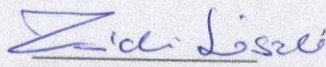
NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év 05 hó 09 nap


dr. Zsidai László, Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Irodalomjegyzék

- [1] <https://www.hepper.com/marine-ocean-plastic-pollution-statistics/> 2023.04.24.
- [2] <https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/> 2023.04.24.
- [3] <https://blog.fabweaver.com/3d-printing-technology-sla-first-3d-printer> 2022.11.01.
- [4] <https://blog.fabweaver.com/3d-printing-method-fff-most-popular-3d-printer-0> 2022.11.01.
- [5] <https://blog.fabweaver.com/3d-printing-type-sls-slm-similar-but-different-3d-printer-0> 2022.11.01.
- [6] <https://blog.fabweaver.com/3d-printing-technology-sla-first-3d-printer> 2022.11.01.
- [7] <https://blog.fabweaver.com/3d-printing-type-sls-slm-similar-but-different-3d-printer-0> 2022.11.01.
- [8] https://www.researchgate.net/figure/Electron-Beam-Melting-EBM-mechanism-Source-arcamcom_fig1_323791292 2022.11.01.
- [9] https://www.researchgate.net/figure/Laminated-Object-Manufacturing-LOM_fig5_344071560 2022.11.01.
- [10] <https://all3dp.com/2/cartesian-3d-printer-delta-scara-belt-corexy-polar/> 2022.11.10.
- [11] https://www.researchgate.net/publication/351468532_Trends_in_functional_food_development_with_three-dimensional_3D_food_printing_technology_prospects_for_value-added_traditionally_processed_food_products 2022.11.10.
- [12] <https://facfox.com/docs/kb/3d-printing-supports-the-ultimate-guide> 2022.11.16.
- [13] <https://www.selfcad.com/blog/3d-printer-filament-types-and-functions> 2022.11.16.
- [14] Zsidai L.: Műszaki polimerek tribológiai kutatása különböző rendszerekben, Gödöllő, 2005
- [15] Dr Hargitai Hajnalka: Polimerek (Műanyagok) szerkezete, gyártása és típusai, egyetemi előadás 2012.09.12.
- [16] Dr. Tábi Tamás: Polimer alapanyagok alkalmazásának előnyei-hátrányai, egyetemi előadás, 2015.09.23.
- [17] Juliano Zanela, Ana Paula Bilck, Maira Casagrande, Maria Victória Eiras Grossmann, Fabio Yamashita: Polyvinyl alcohol (PVA) molecular weight and extrusion temperature in starch/PVA biodegradable sheets
- [18] <http://m.hu.polyprintingfilm.com/info/the-difference-between-pet-and-petg-52479782.html> 2023.04.29.
- [19] <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/konnyuipar/boripari-szakmai-ismeret/puhamuborok/impregnalas-es-kalanderezes> 2023.04.29.
- [20] <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepeszeti-szakismeretek-1/polimerek-melegalakitasa/a-vakuumformazas-bemutatasa> 2023.04.29.
- [21] <https://giaform.hu/2019/08/15/tudja-hogy-mukodik-a-froccsontes-most-beavatjuk-a-reszletekbe/> 2023.04.08.
- [22] https://muanyagtudatos.blog.hu/2019/02/28/a_muanyag_tomeggyartas_gepei_avagy_hogyan_keszulnek_a_muanyag_termekek 2023.04.09.
- [23] <https://slideplayer.hu/slide/11852813/> 2023.04.09.
- [24] https://mersz.hu/hivatkozas/m313pamm_25 2023.04.09.
- [25] <https://docplayer.hu/storage/49/25499849/1675717896/jg9286e8IMbDjLVXs7L29w/25499849.pdf#%5B%7B%22num%22%3A1155%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22XYZ%22%7D%2C90.75%2C570%2C0%5D> 2023.02.10.

- [26] <https://quattroplast.hu/technologia/feltermek-eloallitas/froccsontes> 2023.04.10.
- [27] <https://rotodynamics.com/services/rotational-molding/the-rotational-molding-process/> 2023.04.10.
- [28] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Polimertechnika Tanszék Extruzió-Gyakorlati óra segédlet 2014.02.11.
- [29] <https://www.sciencedirect.com/book/9780815514732/extrusion> 2023.02.26.
- [30] https://www.alibaba.com/product-detail/SJ20-Small-Plastic-Extruder-For-Lab_1600230142764.html?s=p 2022.11.25.
- [31] https://www.alibaba.com/product-detail/Vervical-extruder-Sj25-laboratory-plastic-single_62207386368.html?spm=a2700.galleryofferlist_catalog.normal_offer.d_title.65114f4aEVhTlc 2022.11.25.
- [32] <http://wellzoomextruder.com/product/wellzoom-desktop-filament-extruder-b/> 2022.11.25.
- [33] <https://www.filabot.com/products/filabot-original-ex2?variant=3635451140> 2022.11.25.
- [34] <https://www.fixstruder.eu/product/fixstruder/> 2022.11.25.
- [35] <https://noztek.com/product/noztek-pro/> 2022.11.25.
- [36] <https://redetec.com/products/protocycler?variant=39805378658352> 2022.11.25.
- [37] <https://www.3devo.com/filament-makers> 2022.11.25.
- [38] <https://www.filastruder.com/products/filastruder-kit?variant=323882043> 2022.11.25.
- [39] <https://www.thingiverse.com/thing:380987> 2023.03.10.
- [40] Aubrey L. Woern, Joseph R. McCaslin, Adam M. Pringle, Joshua M. Pearce: RepRapable Recyclebot: Open source 3-D printable extruder for converting plastic to 3-D printing filament 2018.10
- [41] <https://www.youtube.com/watch?v=jFvUgaUOX6M> 2023.03.10.
- [42] M. de Oliveira Filho, M. Cerqueira de Jesus, A. Zenken Nakazato, M. Yuzo Kondo, L. Rogerio de Oliveira Hein: Instrumented open-source filament extruder for research and education 2022.05.03.
- [43] <https://www.thingiverse.com/thing:454584> 2023.03.10.
- [44] https://www.ebay.de/itm/223665633294?chn=ps&var=522390295887&_trkparms=ispr%3D1&amdata=enc%3A1FG3VYeUrSeSGufYA0ce-dg71&norover=1&mkevt=1&mkrid=707-134425-41852-0&mkcid=2&mkscid=101&itemid=522390295887_223665633294&targetid=1716911581199&device=c&mktype=pla&googleloc=9042123&poi=&campaignid=17943303986&mkgroupid=140642150118&rlsarget=pla-1716911581199&abcd=9301060&merchantid=7364532&gclid=Cj0KCQjwmN2iBhCrARIsAG_G2i5PRV1-WGqadk9XG_k1ktJ56qWdp63kFHeTHoCf4iur9LACAB1t1jIaAvDTEALw_wcB 2023.03.16.
- [45] <https://www.kazanplaza.hu/menetes-idomok/cg-menetes-rez-idomok/cg-menetes-rez-kozcsavar/rez-csokozcsavar12-l--150-mm-cg-mr0355> 2023.03.16.
- [46] <https://www.schraubenshop24.com/Schlangenbohrer-Typ-Lewis-16-mm-320-mm> 2023.03.17.
- [47] <https://www.kazanplaza.hu/menetes-idomok/cg-menetes-rez-idomok/cg-menetes-rez-kupak/rez-kupak12-cg-122-mr0188> 2023.03.17.
- [48] <https://www.omc-stepperonline.com/nema-23-stepper-motor-bipolar-1-56mm-w-gear-ratio-15-1-planetary-gearbox-23hs22-2804s-pg15> 2023.04.04.
- [49] <https://www.zoro.com/tempco-band-heater-1-in-w-900-deg-f-120v-nhl00100/i/G1897743/> 2023.04.04.

- [50] <http://hu.alloystrip.com/high-heating-resistance-alloy/nichrome-60-resistance-wire.html> 2023.04.04.
- [51] https://www.reichelt.de/axialluefter-92x92x25mm-12v-76-4m-h-32dba-sun-ee92251s2-1-p260575.html?PROVID=2788&gclid=Cj0KCQjwmN2iBhCrARIsAG_G2i6eueAe5UU85VoNv6ov6WV5T2-Mwj1_37VPv5Gvgl2Nu01EZtwpLCEaAvuGEALw_wcB 2023.04.04.
- [52] <https://www.thingiverse.com/thing:89044> 2023.04.10.
- [53] <https://objectswithintelligence.weebly.com/store.html> 2023.04.10.
- [54] <https://www.extrudr.com/en/blog/gewindeeinsatze-fur-perfekte-verbindungen-von-3d-d/> 2023.04.10.
- [55] <https://www.phidgets.com/?tier=3&catid=24&pcid=21&prodid=358> 2023.04.16.
- [56] <https://www.euromix.hu/webshop/details/1204/103857/karima-ancelkarima/menetes-karima/szenacel-menetes-karima/pn16/menetes-karima-dn-15-pn16-lc228-din2566.html> 2023.04.16.
- [57] <https://www.3djake.hu/3djake/polyimid-ragasztoszalag?sai=3285> 2023.04.16.
- [58] <https://hajtastechnika.hu/termek/fogasszij-tarcsak/htd-szijtarcsak/elofurt-htd-3m-szijtarcsa> 2023.04.16.
- [59] <https://www.amazon.de/-/en/Spider-coupling-aluminium-flexible-stepper/dp/B07QHSQSPF> 2023.04.23.
- [60] <https://www.3djake.hu/filamentek/pla-filament> 2023.05.01.
- [61] <https://www.3djake.hu/filamentek/3d-nyomtato-pet-petg-filament> 2023.05.01.
- [62] https://www.amazon.de/STEPPERONLINE-Nema-Getriebemotor-Planetengetriebe-Schrittmotor/dp/B077ZPW7VT/ref=sr_1_25?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=Nema+23+Stepper+Motor+Bipolar+L%3D56mm+w%2F+Gear+Ratio+15%3A1+Planetary+Gearbox&qid=1683617122&sr=8-25 2023.05.01.
- [63] https://www.amazon.de/STEPPERONLINE-Halterung-Schrittmotor-Getriebestufe-Drucker/dp/B06XVPS5BP/ref=sr_1_5?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3G2C9TBOBGAVU&keywords=Nema+23+bracket&qid=1683617218&sprefix=nema+23+%2Caps%2C745&sr=8-5 2023.05.01.
- [64] <https://www.amazon.com/LDR-311-F-12-Galvanized-Flange/dp/B000FPDFOS> 2023.05.02.
- [65] [http://www.mercateo.hu/p/7649-429066\(2d\)BP/Ellenallashuzal_konstans_63R_63_m_0_1_mm_x_5_m_Thomsen_429066.html](http://www.mercateo.hu/p/7649-429066(2d)BP/Ellenallashuzal_konstans_63R_63_m_0_1_mm_x_5_m_Thomsen_429066.html) 2023.05.02.
- [66] <https://www.hoszigetelesplaza.hu/knauf-naturoll-pro-uegygyapot-hoszigetelo-tekercs-0-039WmK-5-cm-vastag?tab=description> 2023.05.02.
- [67] https://www.hestore.hu/cat_131.html 2023.05.02.
- [68] https://www.amazon.de/STEPPERONLINE-Planetengetriebe-Schrittmotor-Getriebemotor-Wellendurchmesser/dp/B00QEVLDO/ref=sr_1_5?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=2X2PQ55XJLAO8&keywords=Nema+17+with+gearbox&qid=1683617933&sprefix=nema+17+with+gearbox%2Caps%2C182&sr=8-5 2023.05.02.
- [69] https://www.amazon.de/Aihasd-Mounting-Bracket-Stepper-Screws/dp/B017O2MJPk/ref=sr_1_4?__mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=117N5TBYE8DE4&keywords=Nema+17+bracket&qid=1683617976&sprefix=nema+17+bracket%2Caps%2C95&sr=8-4 2023.05.02.
- [70] <https://www.reichelt.de/axialluefter-50x50x10mm-12v-23-4m-h-30-7dba-sun-mf50101v1-1-p260667.html?PROVID=2788&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspJPYY7b->

00BroHjAyM114HQIPFGEfuZaJfV--LeUIKeD6H5o4t60nxoCMgkQAvD_BwE
2023.05.02.

[71] <https://objectswithintelligence.weebly.com/store.html> 2023.05.02.

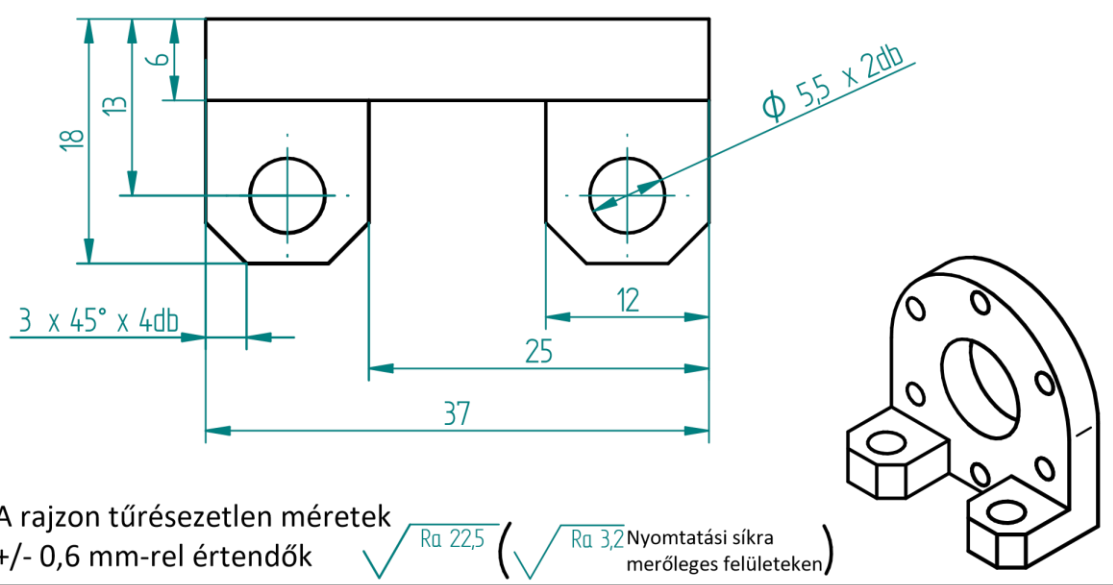
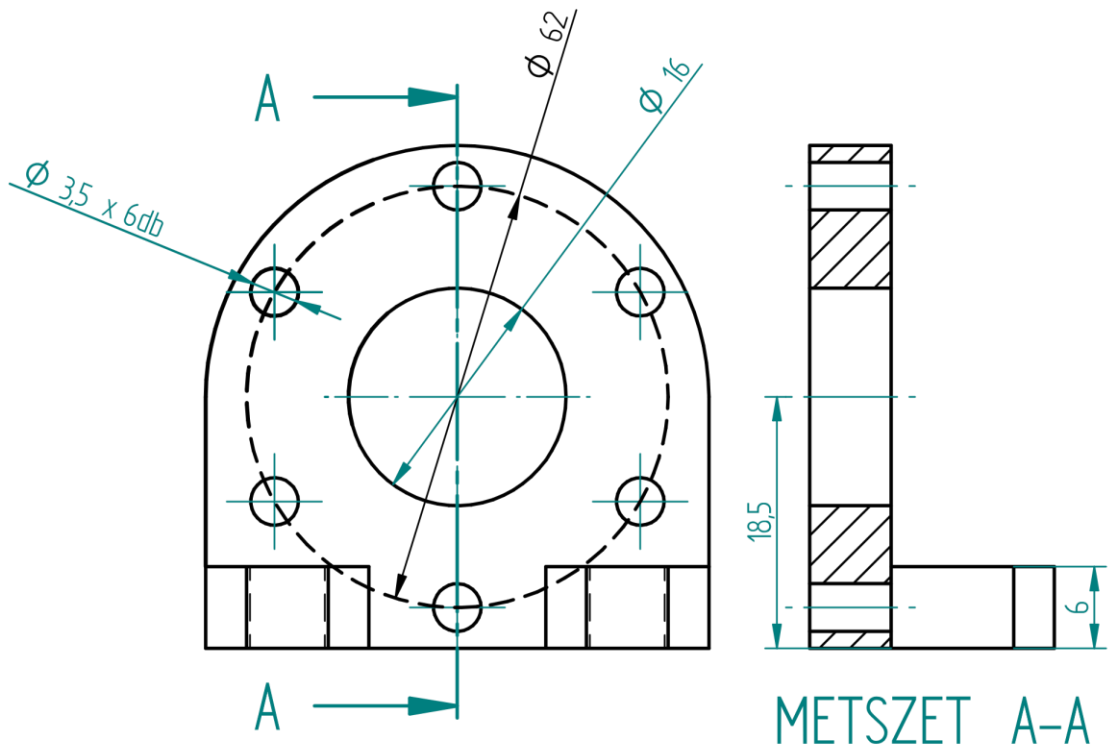
[72] [https://de.rs-online.com/web/p/gleichstrommotoren/2389721?cm_mmc=DE-PLA-DS3A--google--CSS_DE_DE_Automation_Whoop--\(DE:Whoop!\)+Gleichstrommotoren--2389721&matchtype=&pla-310505379289&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspG5p9JntPC_n0_U-A94zvKHGmDDlvFX9tp0i3LfX8XdzRoa3XvY5IhoCB7sQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds](https://de.rs-online.com/web/p/gleichstrommotoren/2389721?cm_mmc=DE-PLA-DS3A--google--CSS_DE_DE_Automation_Whoop--(DE:Whoop!)+Gleichstrommotoren--2389721&matchtype=&pla-310505379289&gclid=CjwKCAjw3ueiBhBmEiwA4BhspG5p9JntPC_n0_U-A94zvKHGmDDlvFX9tp0i3LfX8XdzRoa3XvY5IhoCB7sQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)
2023.05.02.

[73] <https://ekszij.hu/termek/profil-htd-3m> 2023.05.02.

[74] https://www.amazon.de/6700ZZ-Doppelgeschirmte-d%C3%BCnnwandige-Kugellager-10x15x4mm/dp/B093C72DK3/ref=sr_1_1_sspa?keywords=kugellager+10x15x4&qid=1683618403&sr=8-1-spons&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9hdGY&psc=1 2023.05.02.

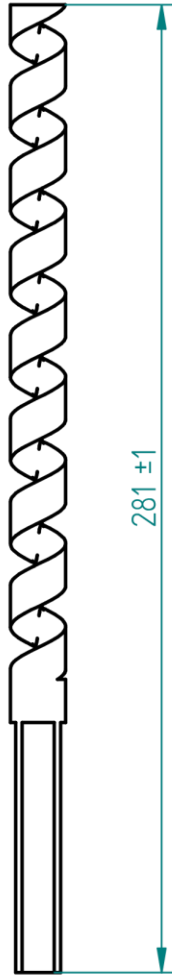
[75] Fehér O.: Ishikawa diagram távoktatási jegyzet, Budapest 2014.04.30. SIRIUS Bt.

10. Mellékletek



A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők $\sqrt{Ra 22,5}$ ($\sqrt{Ra 3,2}$ Nyomatási síkra merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: 12V motor konzol	M.A.:	Vállalat: MATE
		2:1	Rajzszám: FE-03-01
		Súly:	
		0,007kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap



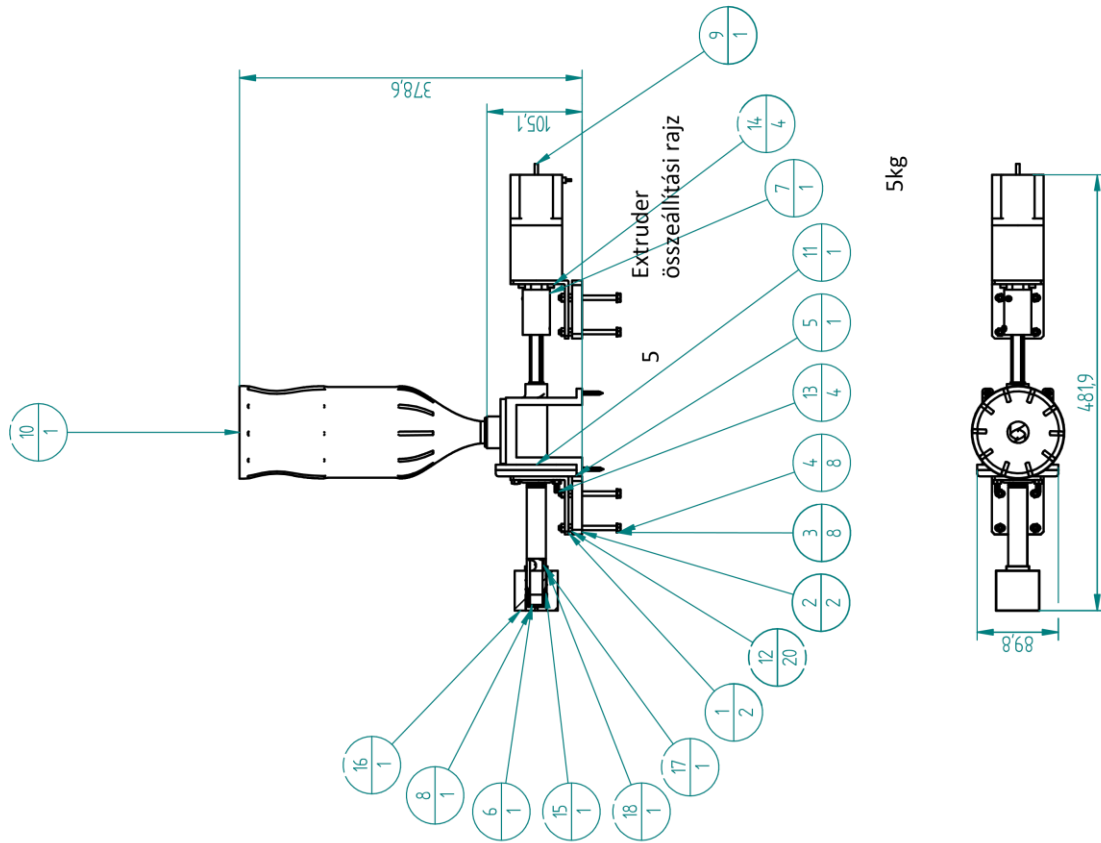
Ellenőrizte:	Tárgy: Extrudercsiga	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:2	Rajzszám: FE-01-06
		Súly:	
		0,279kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: acél	Lapok száma: 1 1 lap

REV	Leírás	Dátum	Jóváhagyva

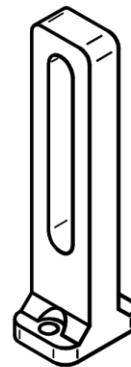
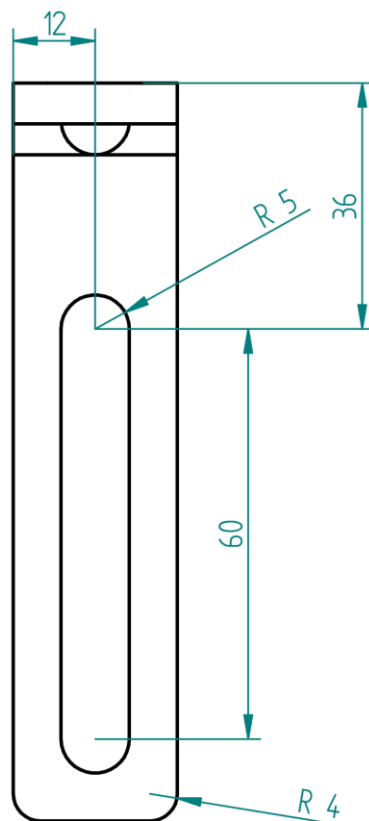
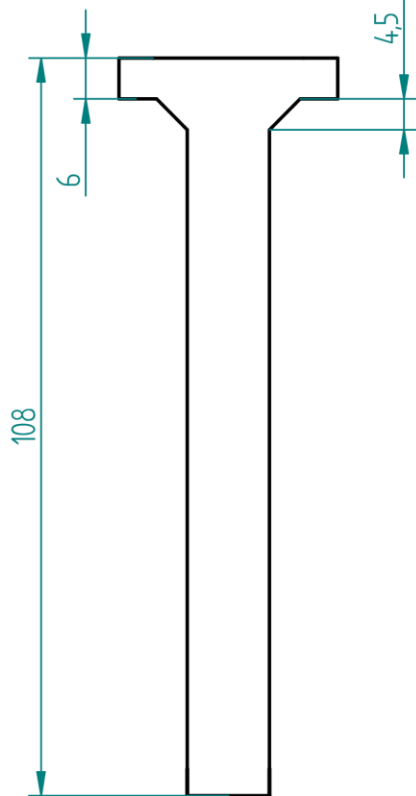
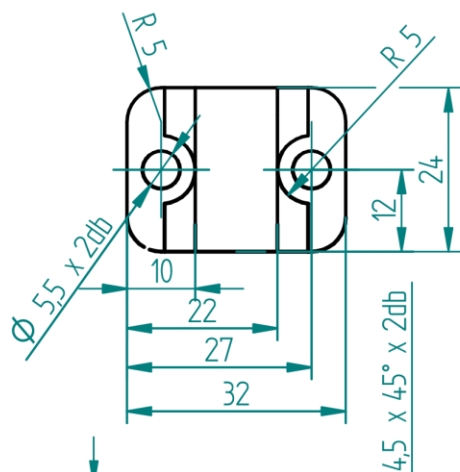
Reviziótörténet	
-----------------	--

Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Nema 23 Konzol	2		www.omc-stepperonline.com	
2	Konzol toldó	2	PLA	FE-01-04	
3	Alátét 5 mm	8	acél	MSZ 2200	
4	M5x65mm Hatlapfejű csavar	8	acél	MSZ EN ISO 4017	
5	Menetes karima DN 15	1	acél	MSZ 2907	
6	Csökkentőcsavar 1/2" x 150mm	1	réz	www.kazanplaza.hu	
7	Motor-csiga tégkapszoló	1	PETG	FE-01-02	
8	Fűvóka	1	réz	FE-01-05	
9	Nema 23 léptetőmotor	1	-	www.omc-stepperonline.com	
10	Garat ó.d.	1	-	FE-01-01	
11	Hőszigetelő tárcsa	1	PETG	FE-01-03	
12	M5 hatlapú anya	20	acél	MSZ EN ISO 4032	
13	M5x25 bk csavar	4	acél	MSZ EN ISO 4762	
14	M4x25 bk csavar	4	acél	MSZ EN ISO 4762	
15	Fűtőszál - Nikróm 60	1	Ni60Cr15	www.alloystrip.com	
16	Üveggyapot hőszigetelés	1	üveggyapot	www.hoszigetelésplaza.hu	
17	Extrudercsiga	1	acél	FE-01-06	
18	Termisztor	1	-	www.hestone.hu	

Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Extruder összeállítási rajz	1:5	MATE
		Súly:	Rajzszám: FE-01
		5kg	
	Név: Falvay Balázs	Anyag:	
Dátum: 2023.05.08.			Lapok száma: 1 / 1 lap

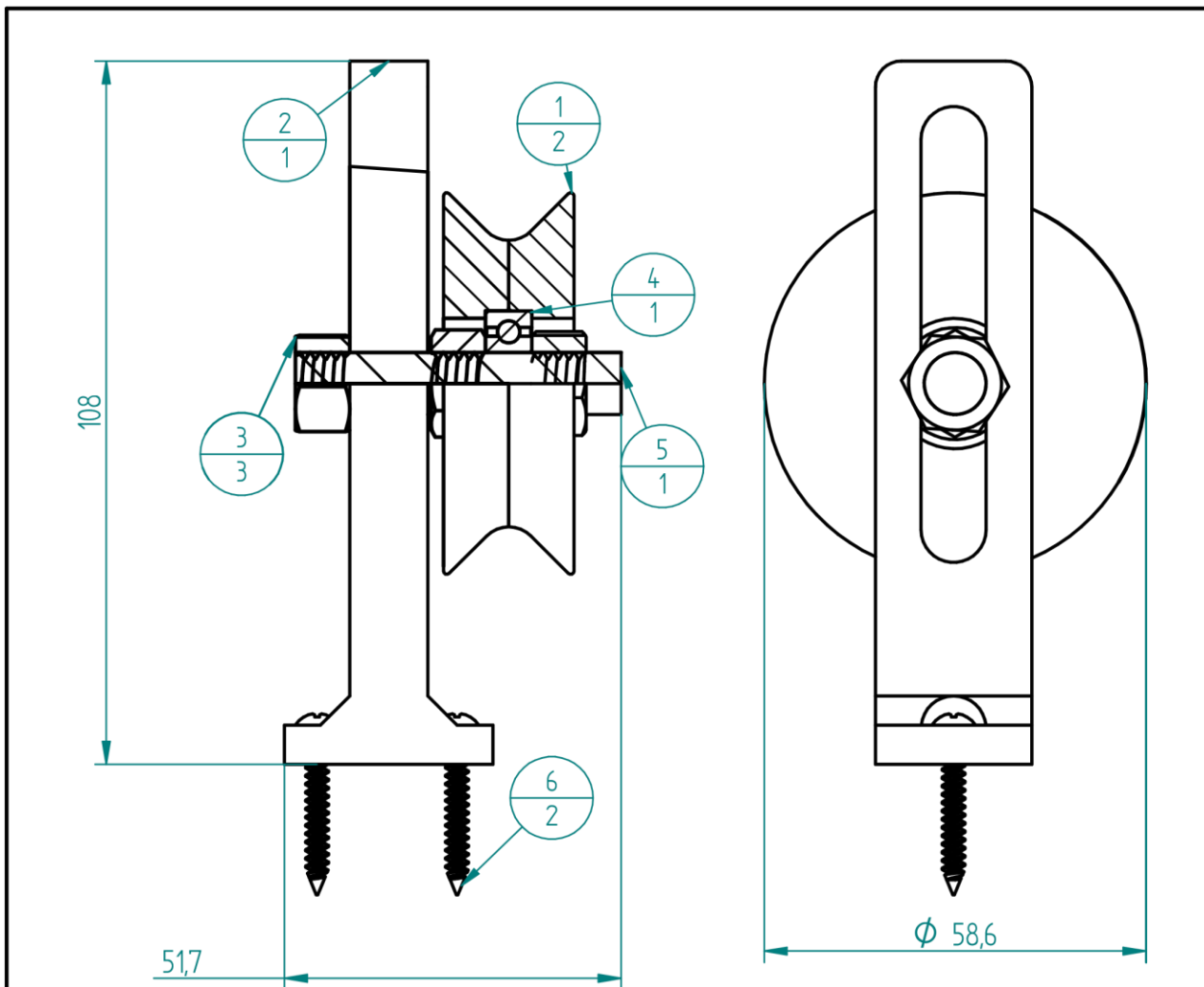


Solid Edge Community Edition



A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomtatási síkra
 mérőleges felületeken)

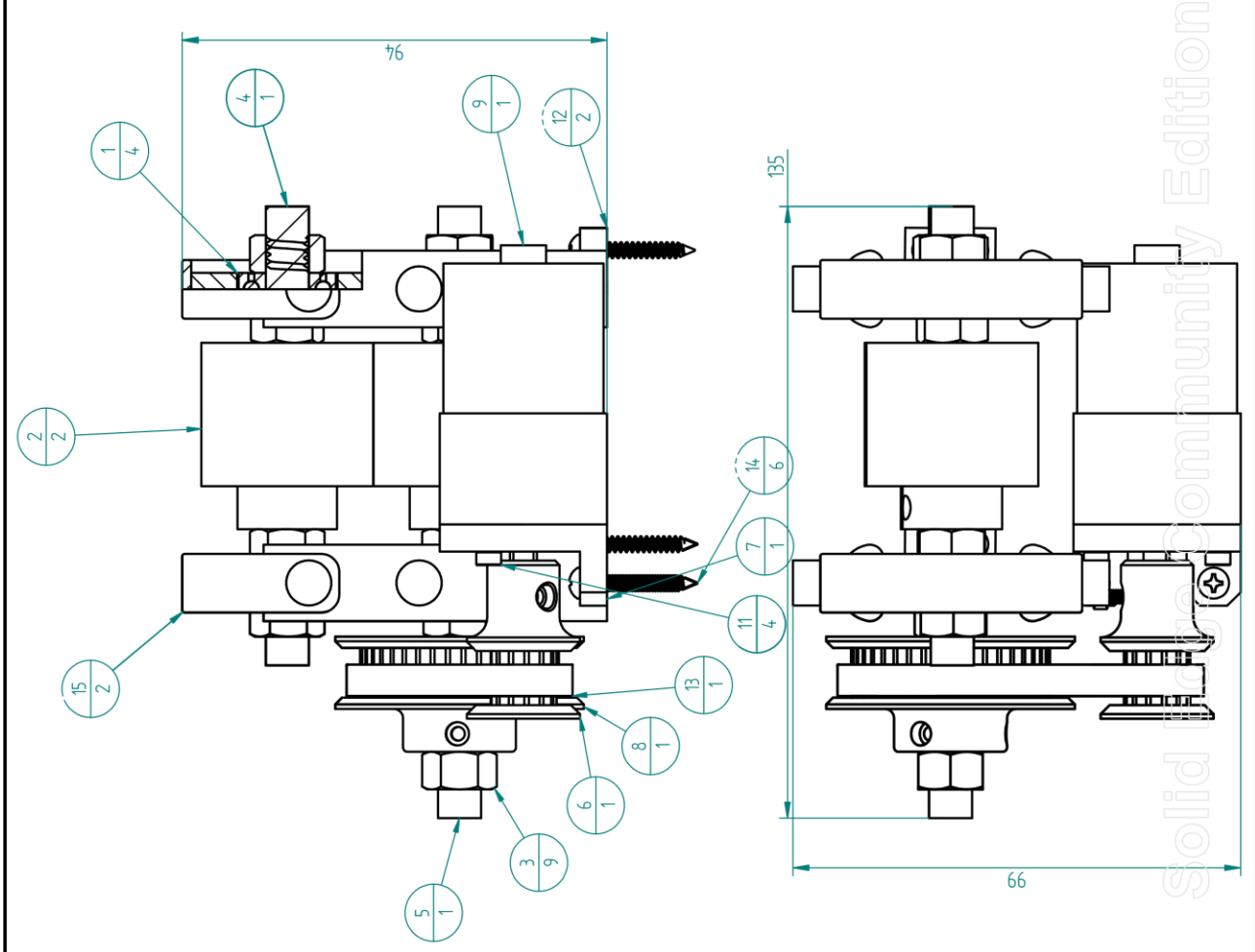
Ellenőrizte:	Tárgy: Feszítő konzol	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:1	Rajzszám: FE-04-01
		Súly: 0,026kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap



Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Tárcsafél	2	PLA	FE-04-02	
2	Konzol	1	PLA	FE-04-01	
3	M10 anya	3	acél	MSZ EN ISO 4032	
4	Golyóscsapágy 10x15x4mm	1	-	www.amazon.de	
5	M10 menetesszár 50mm	1	acél	-	
6	3,5x25 D-fejű facsavar	2	acél	DIN 7985	

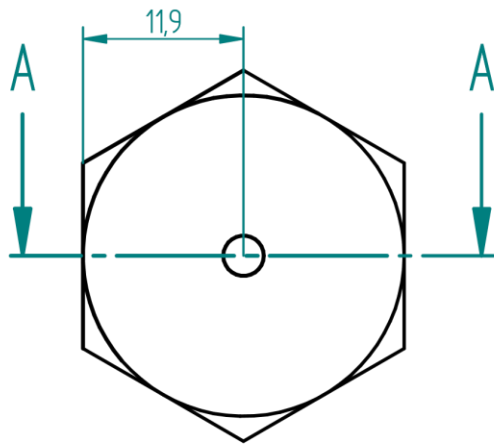
Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Feszítőegység összeállítási rajz	1:1	MATE
		Súly:	Rajzszám:
		0,1kg	FE-04
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvai Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1 1 lap

Reviziótörténet		
REV	Leírás	Dátum
		Jóváhagyva

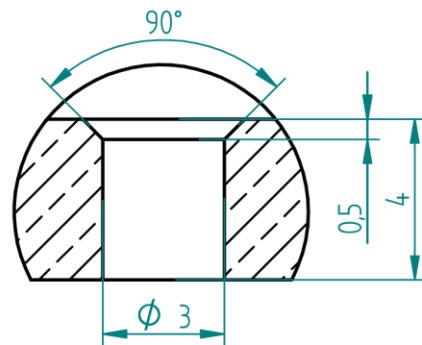
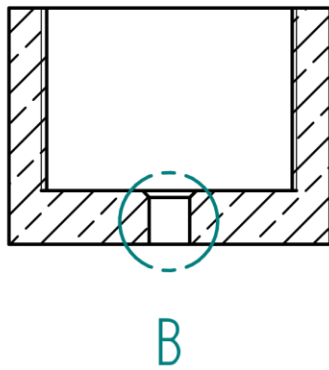


Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Golyóscsapágy 10x15x4mm	4	-	www.amazon.de	
2	Görgő	2	PLA	FE-03-02	
3	M10 hatlapú anya	9	acél	MSZ EN ISO 4032	
4	M10 menetesszár 100mm	1	acél	-	
5	M10 menetesszár 135mm	1	acél	-	
6	Szíjtárcsa 11,46mm	1	PETG	www.hajtasztechnika.hu	
7	DC motor konzol	1	PLA	FE-03-01	
8	Szíjtárcsa 38,2mm	1	PETG	www.hajtasztechnika.hu	
9	12V_DC_motor	1	-	www.elektrobot.hu	
11	M3x10 bk csavar	4	acél	MSZ EN ISO 4762	
12	Konzol	2	PLA	FE-03-04	
13	Borítácsszij HT03M 220mm	1	-	www.hajtasztechnika.hu	
14	3,5x25 D feju facsavar	6	acél	DIN 7985	
15	Befőttes gumi	2	gumi	-	

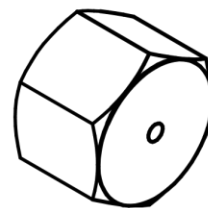
Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Húzóegység összeállítási rajz	1:1	MATE
		Súly:	Rajzszám: FE-03
		0,5kg	
		Anyag:	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Lapok száma: 1	1 lap



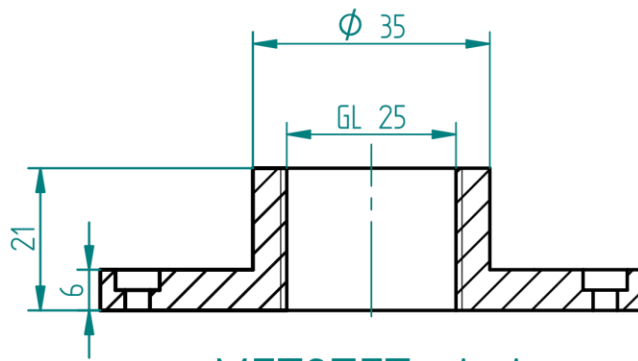
METSZET A-A



RÉSZLET B
6:1

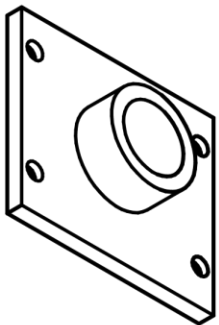
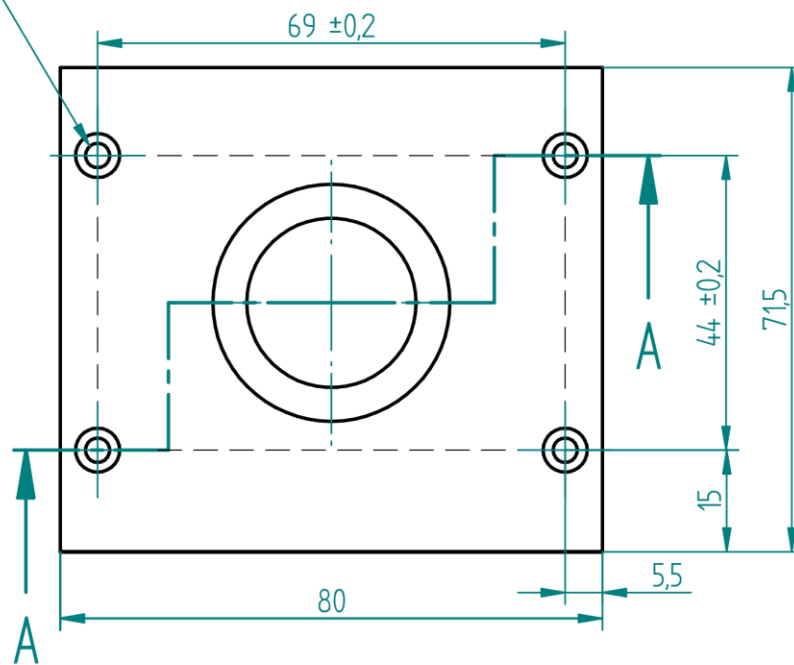


Ellenőrizte:	Tárgy: Fúvóka	M.A.:	Vállalat: MATE
		2:1	Rajzsám: FE-01-05
		Súly:	
		0,045kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: réz	Lapok száma: 1 1 lap



METSZET A-A

φ3,6xφ6,5x3 x 4db



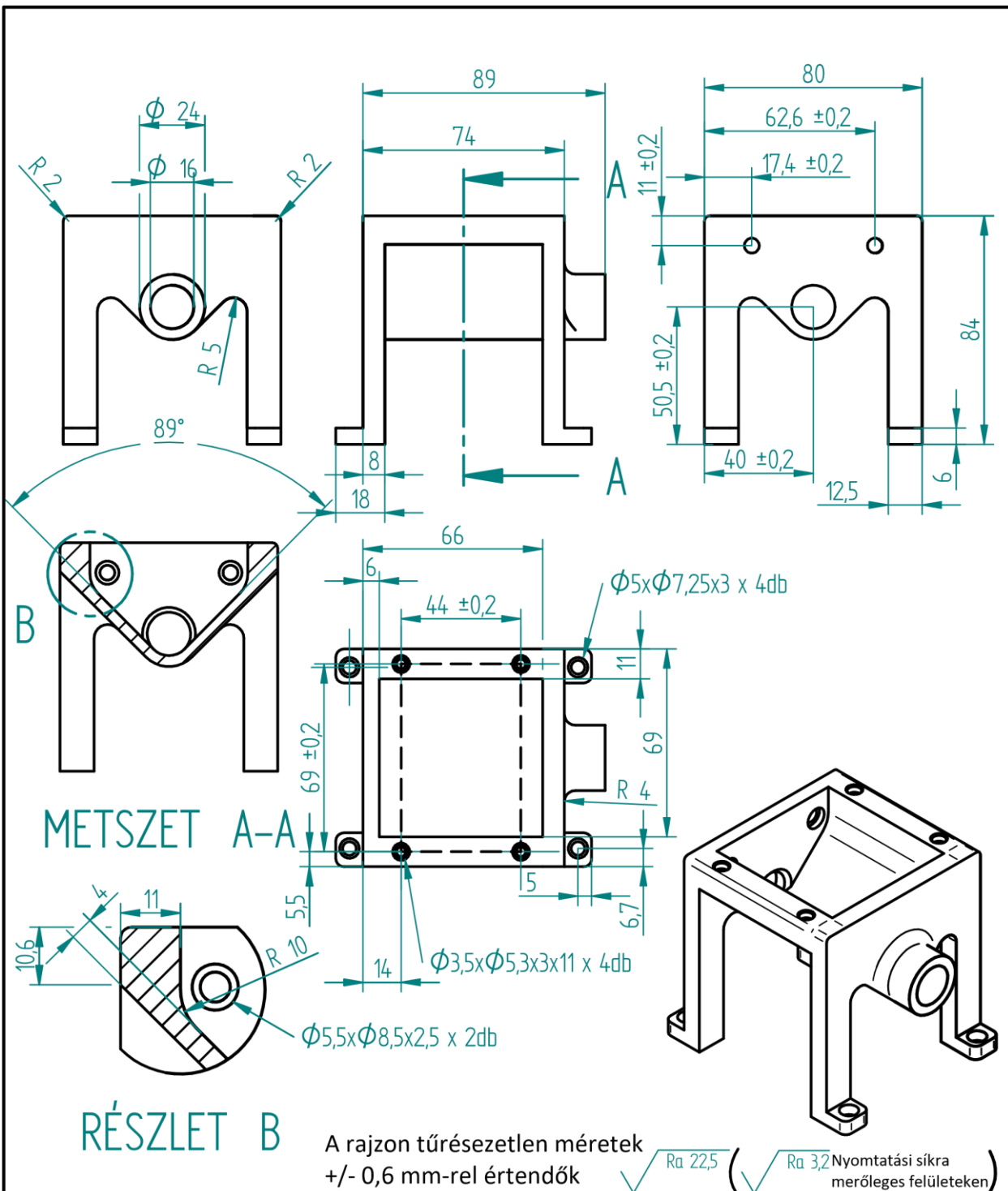
A rajzon tőrészetlen méretek
+/- 0,6 mm-rel értendőek

Ra 22,5

Ra 3,2

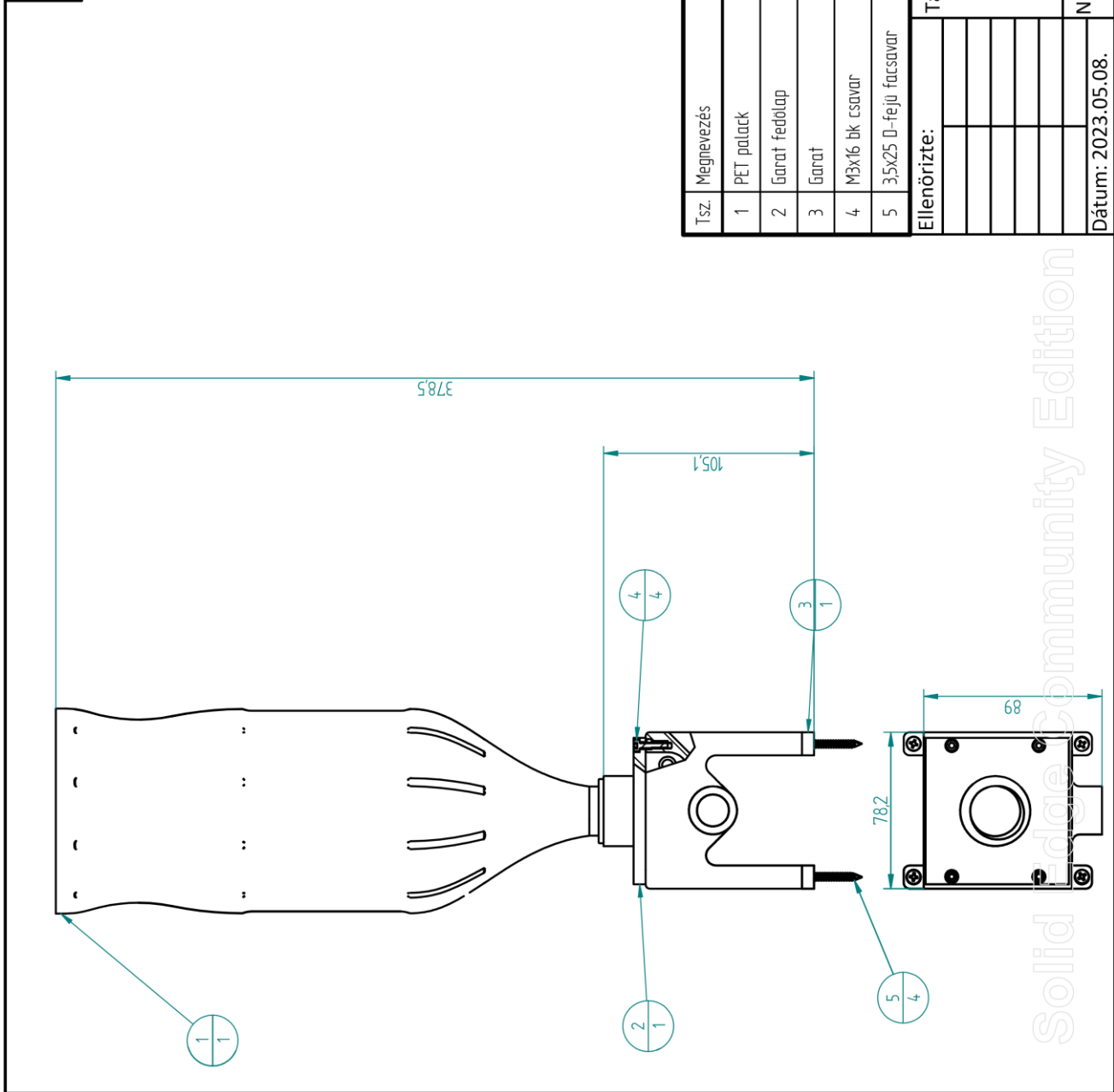
Nyomatási síkra
merőleges felületeken

Ellenőrizte:	Tárgy: Garat fedlap	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:1	Rajzszám: FE-01-01-02
		Súly: 0,039kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PETG	Lapok száma: 1 1 lap



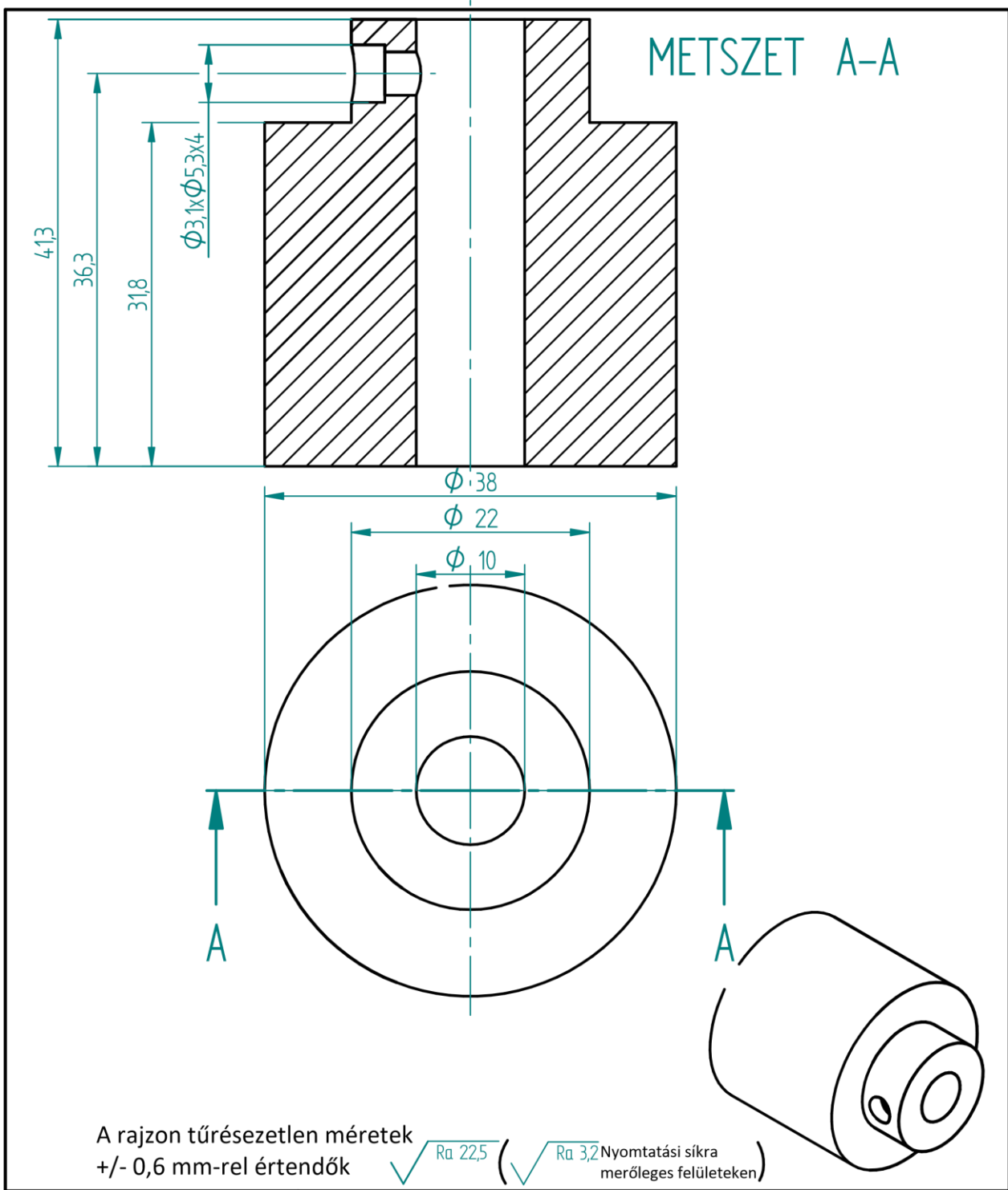
Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Garat	1:2	MATE
		Súly:	Rajzszám: FE-01-01-01
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PETG	Lapok száma: 1 1 lap

REV		Leírás		Dátum		Jóváhagyva	

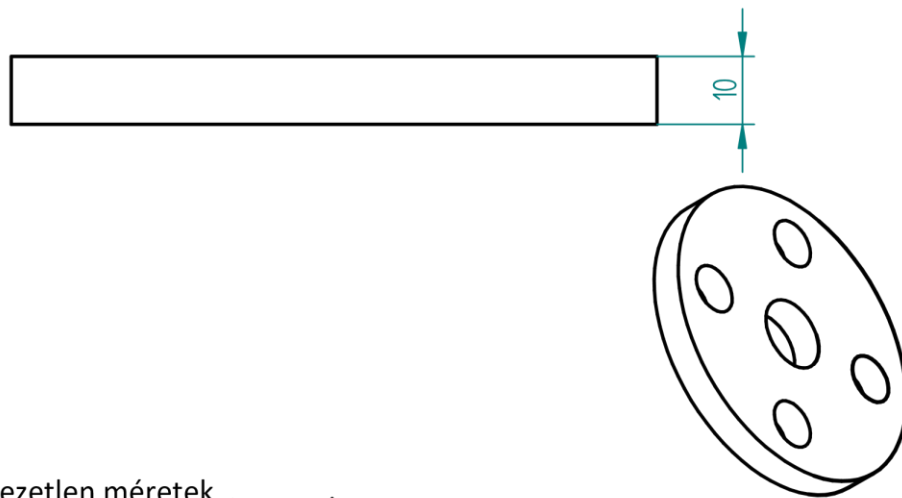
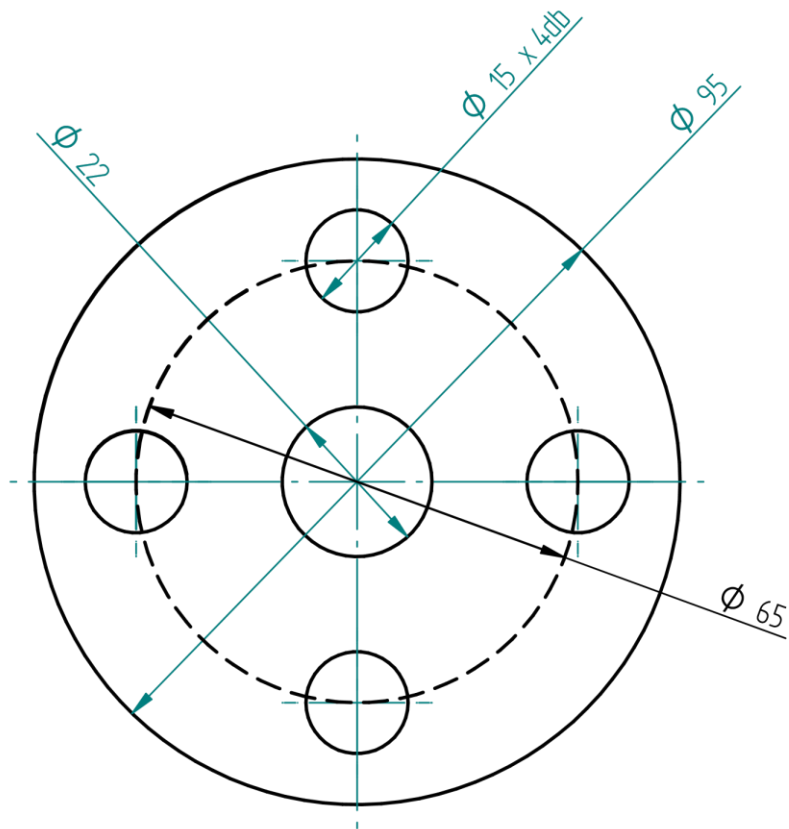


Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	PET palack	1	PET	-	
2	Garat fedőlap	1	PETG	FE-01-01-02	
3	Garat	1	PETG	FE-01-01-01	
4	M3x16 bk csavar	4	acél	MSZ EN ISO 4762	
5	3,5x25 D-fejű facsavar	4	acél	DIN 7985	

Ellenőrizte:		Tárgy:		M.A.:		Vállalat:	
		Garat összeállítási rajz		1:2		MATE	
				Súly:		Rajzszám: FE-01-01	
				0,2kg			
				Anyag:			
Dátum: 2023.05.08.		Név: Falvay Balázs		Lapok száma: 1		1 lap	

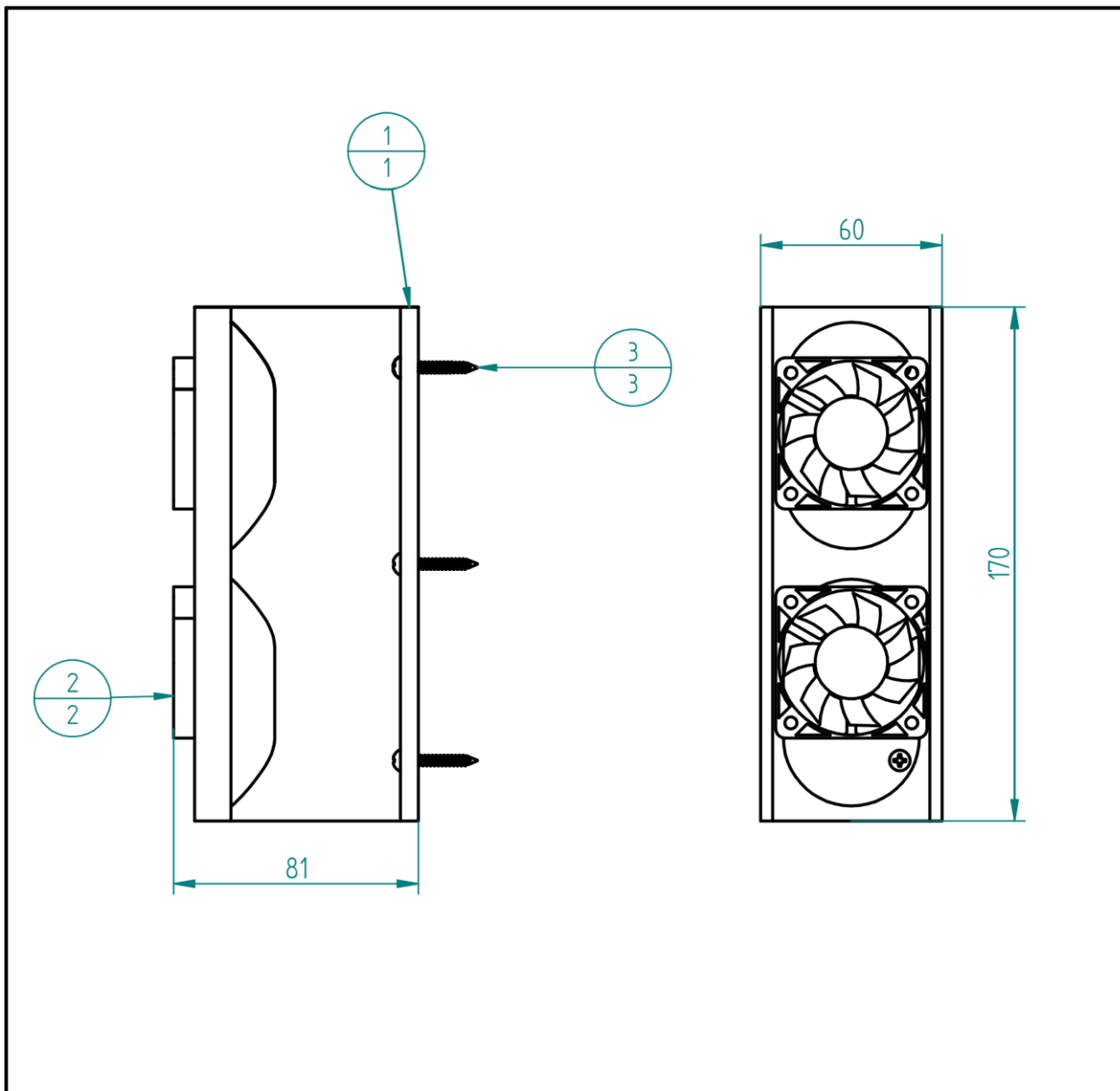


Ellenőrizte:	Tárgy: Görgő	M.A.:	Vállalat: MATE
		2:1	Rajzsám: FE-03-02
		Súly: 0,037kg	
Solid Edge Community Edition		Anyag:	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvai Balázs	PLA	Lapok száma: 1 1 lap



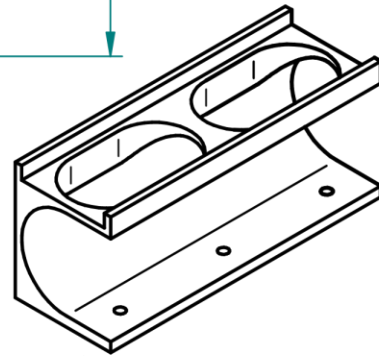
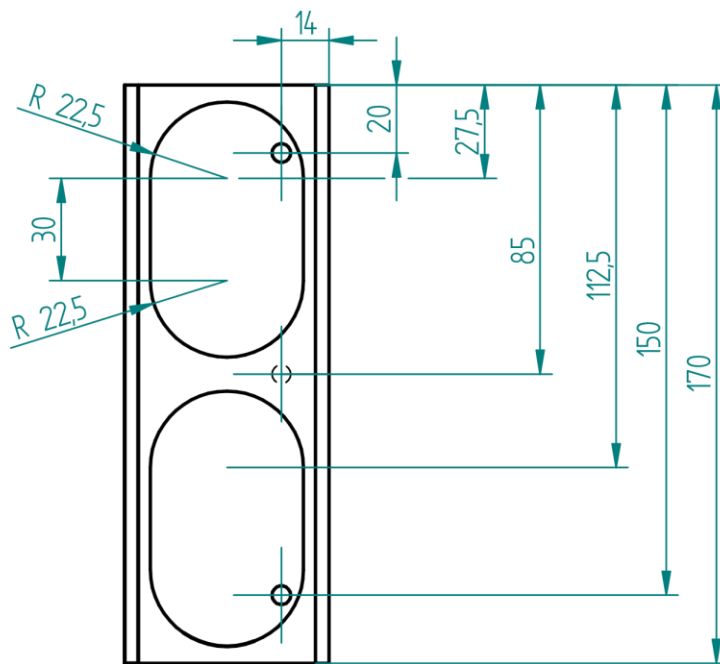
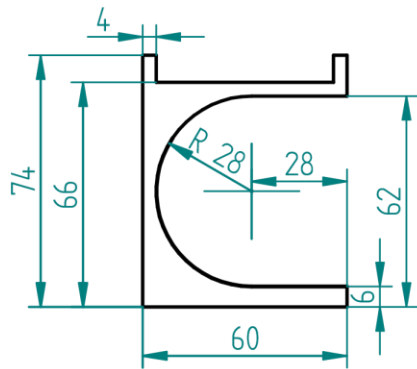
A rajzon t r szetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomtatási s kra
 mer leges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: Hőszigetelő tárcsa	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:1	Rajzszám: FE-01-03
		Súly:	
		0,061kg	
	Név: Falvay Balázs	Anyag:	
Dátum: 2023.05.08.		PETG	Lapok száma: 1 1 lap



Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Hűtő konzol	1	PLA	FE-02-01	
2	SUNON ventilátor 50x50mm	2	-	www.pbcomputer.hu	
3	3,5x25 D-fejű facsavar	3	acél	DIN 7985	

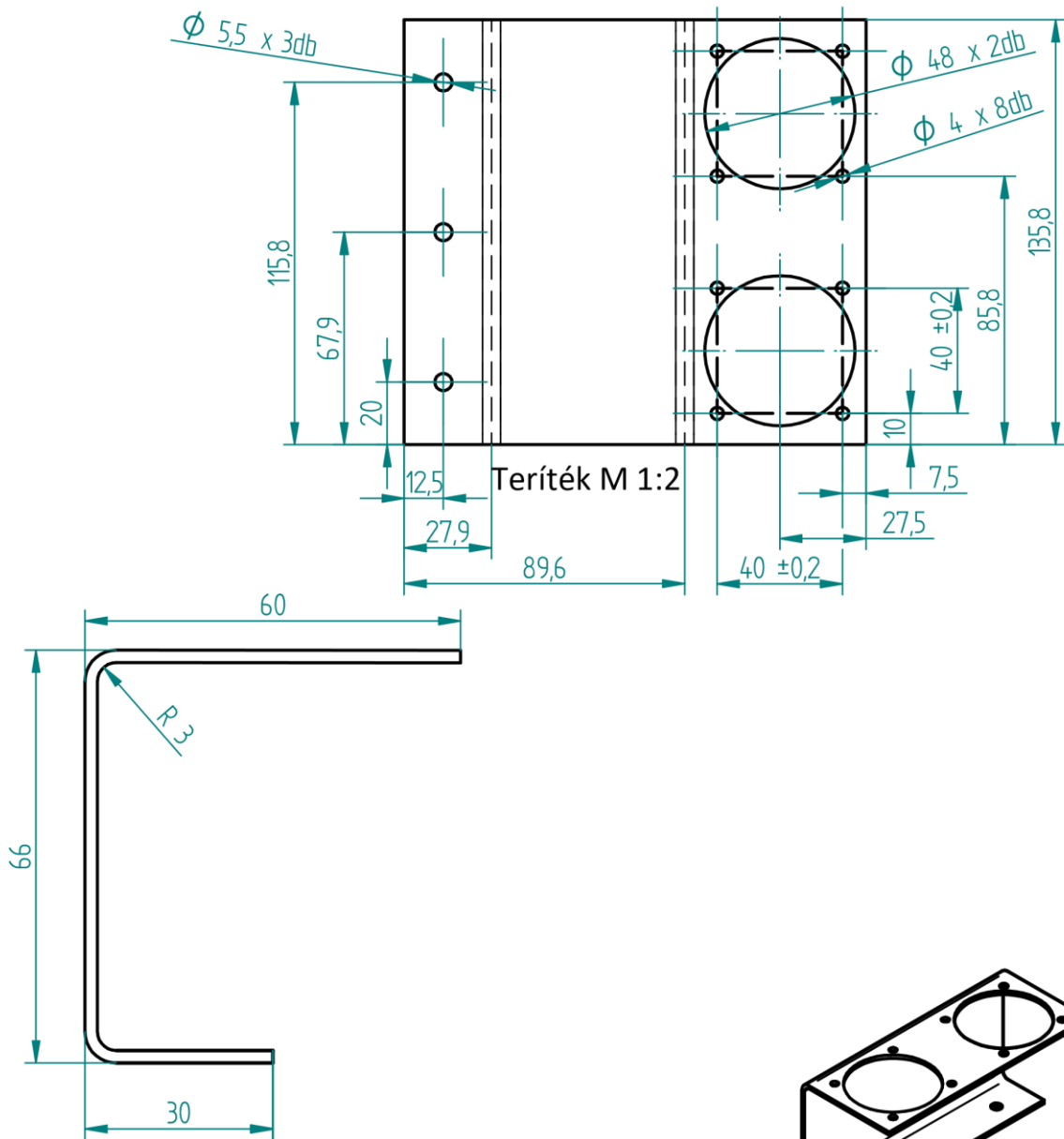
Ellenőrizte:		Tárgy: Hűtőegység összeállítási rajz	M.A.:	Vállalat: MATE
			1:2	Rajzszám: FE-02
			Súly:	
			0,1kg	
Dátum: 2023.05.08.		Név: Falvay Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1 1 lap



A rajzon tűrésezetlen méretek
+/- 0,6 mm-rel értendők

$\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomtatási síkra
merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: Hűtő konzol	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:2	Rajzsám: FE-02-01
		Súly: 0,177kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap

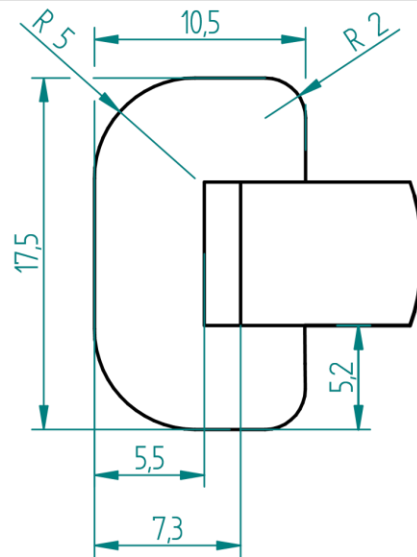
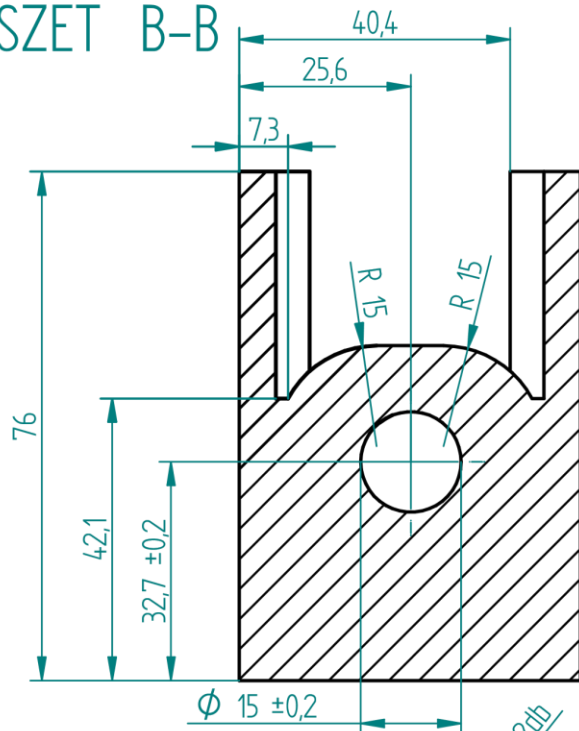


A rajzon tűrésezetlen méretek
+/- 0,4 mm-rel értendők

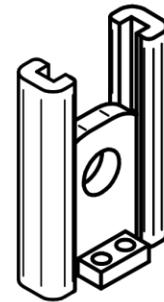
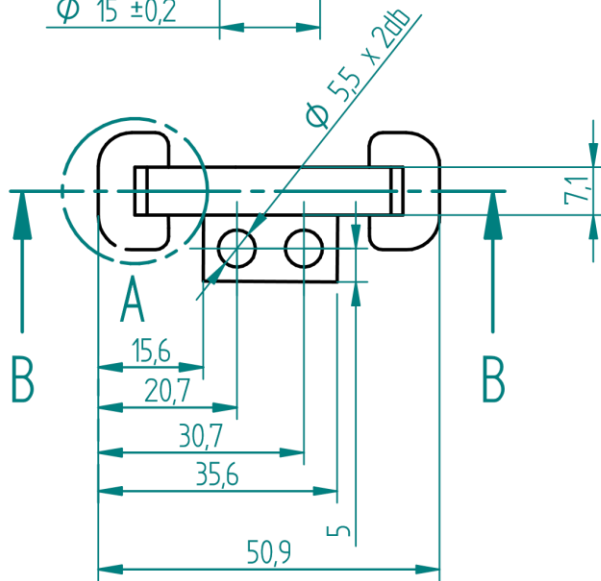
Lemezvastagság: 0,5mm

Ellenőrizte:	Tárgy: hűtő konzol alternatíva	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:1	Rajzszám: FE-02-01-Alt
		Súly:	
		0,257kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: síklemez	Lapok száma: 1 1 lap

METSZET B-B



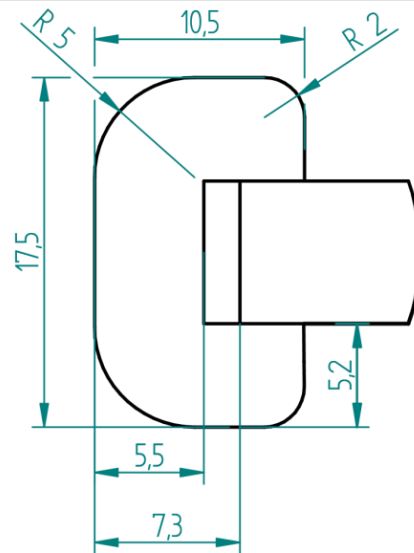
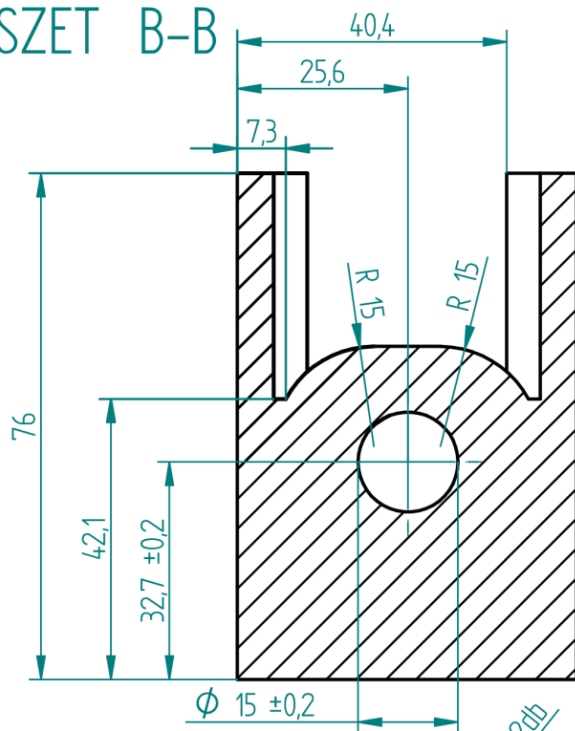
RÉSZLET A M 3:1



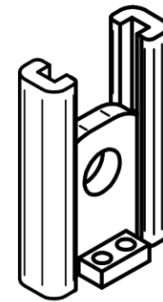
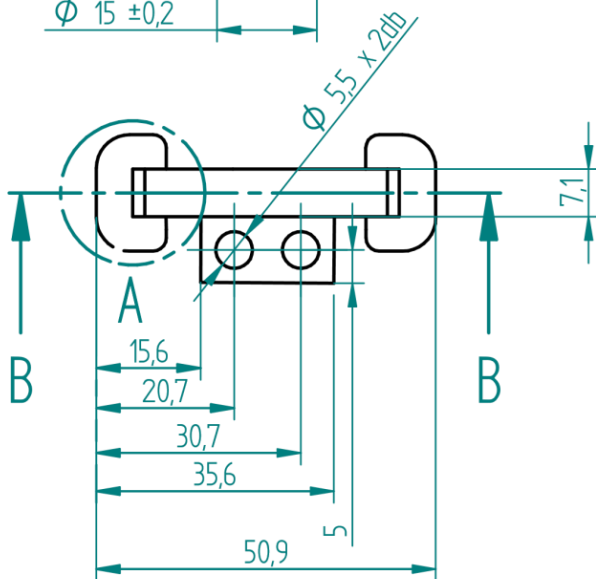
A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Húzóegység	1:1	MATE
	alsó konzol	Súly:	Rajzsám: FE-03-04
		0,035kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap

METSZET B-B



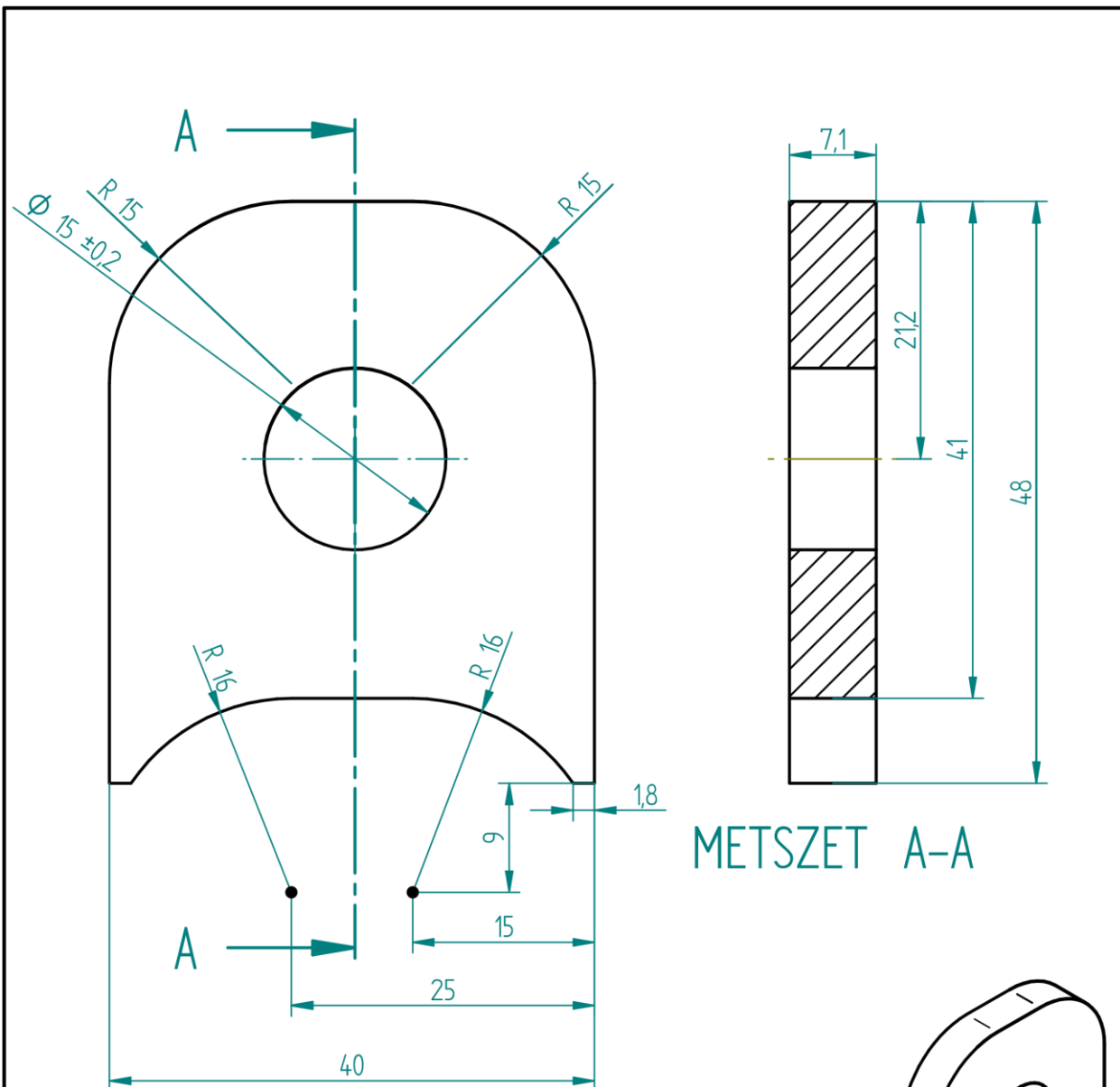
RÉSZLET A M 3:1



A rajzon tűrésetlen méretek
+/- 0,6 mm-rel értendők

$\sqrt{Ra 22,5}$ ($\sqrt{Ra 3,2}$ Nyomatási síkra
merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: Húzóegység alsó konzol	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:1	Rajzszám: FE-03-04
		Súly: 0,035kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap

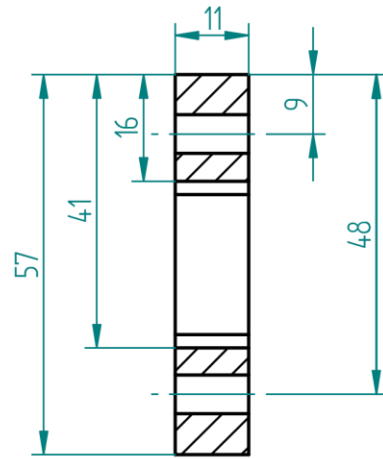
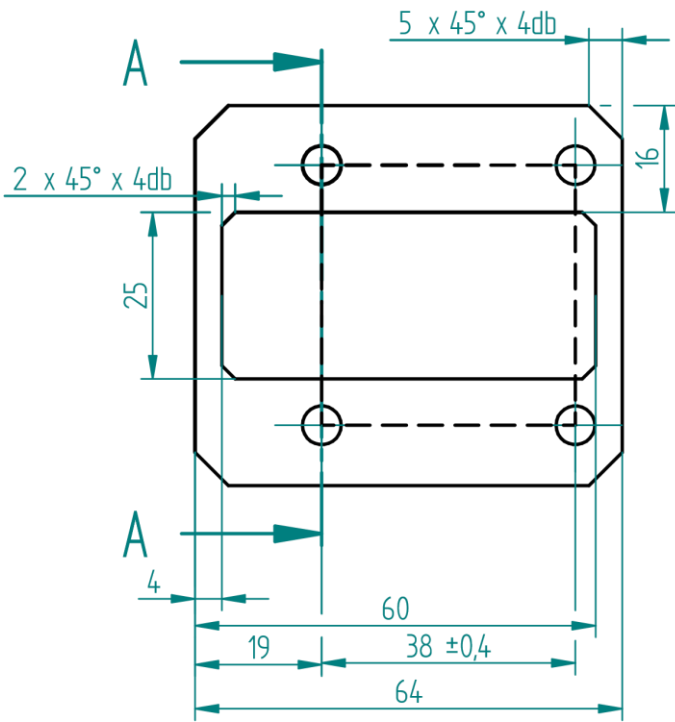


METSZET A-A

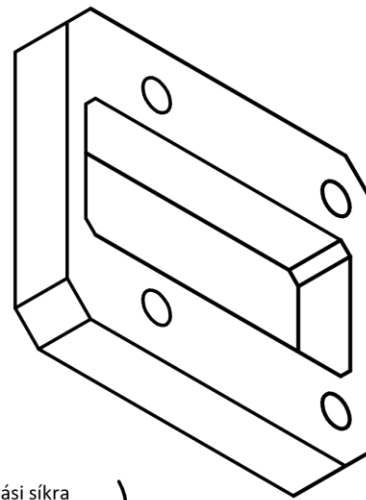


A rajzon tűrésetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendőik $\sqrt{Ra 22,5}$ ($\sqrt{Ra 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: Húzóegység felső konzol	M.A.:	Vállalat:	MATE	
		2:1	Rajzszám:	FE-03-03	
		Súly:			
		0,011kg			
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma:	1 1 lap	

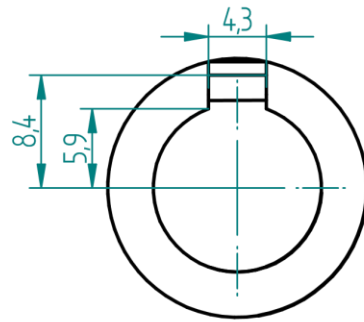
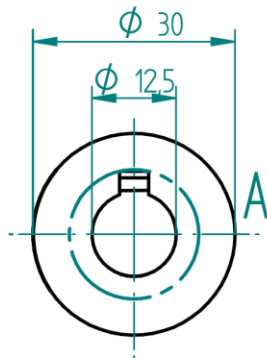


METSZET A-A

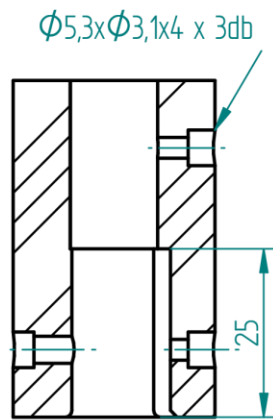
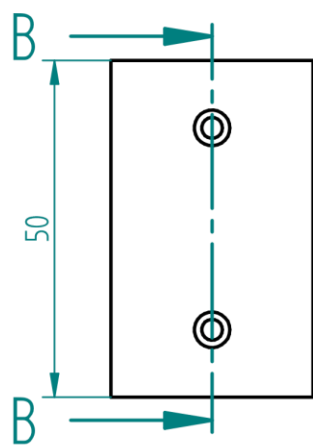


A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendőek $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)

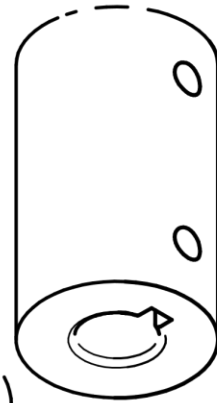
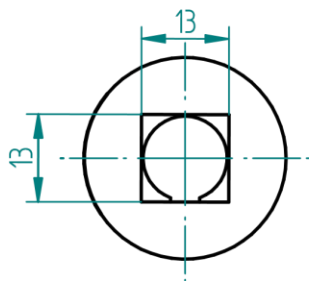
Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:	MATE
		1:1	Rajzsám:	FE-01-04
	Motor konzol toldó	Súly:		
		0,024kg		
Név:		Anyag:	Lapok száma:	
Falvay Balázs		PLA	1	1 lap
Dátum: 2023.05.08.				



RÉSZLET A

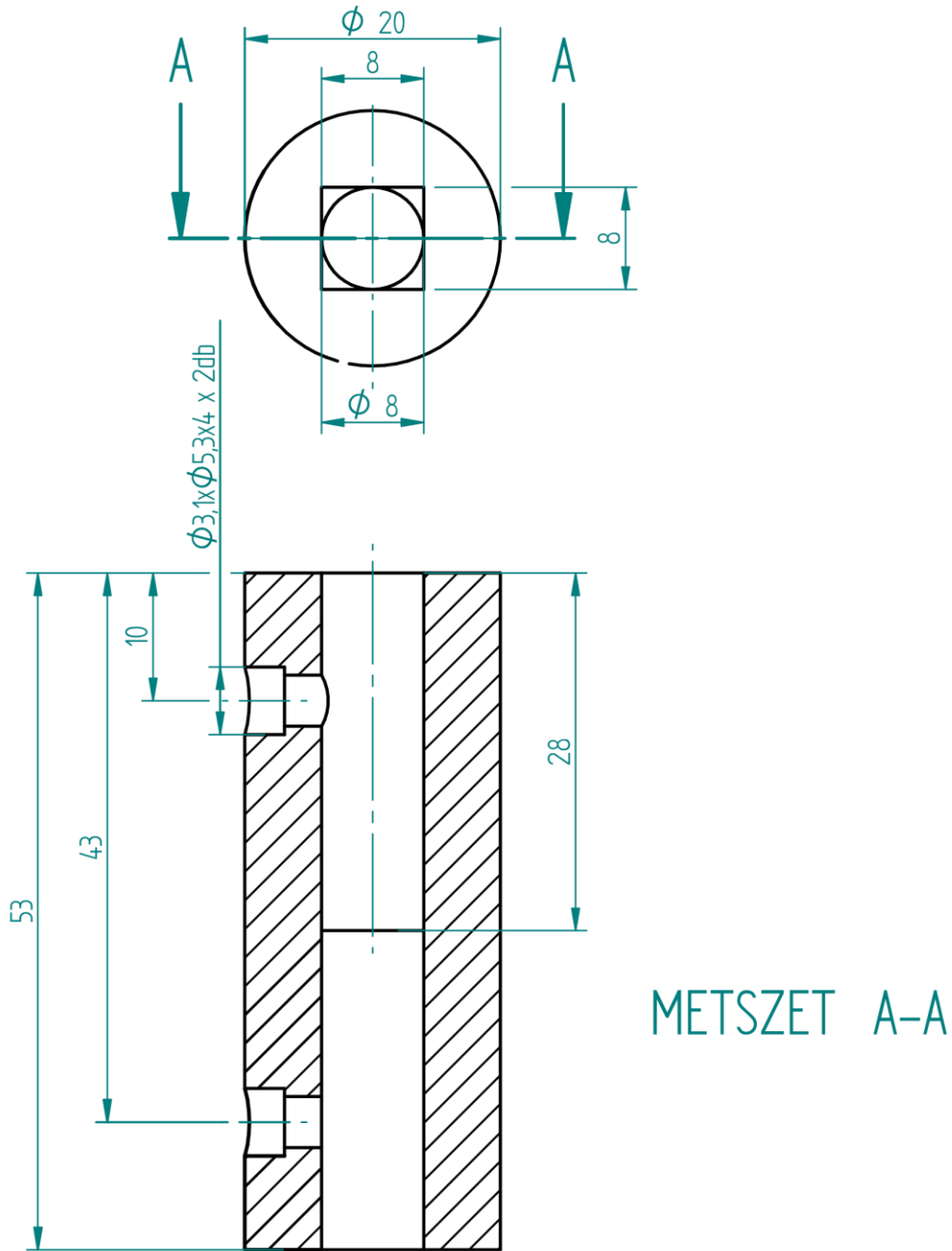


METSZET B-B



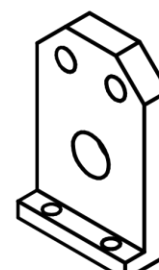
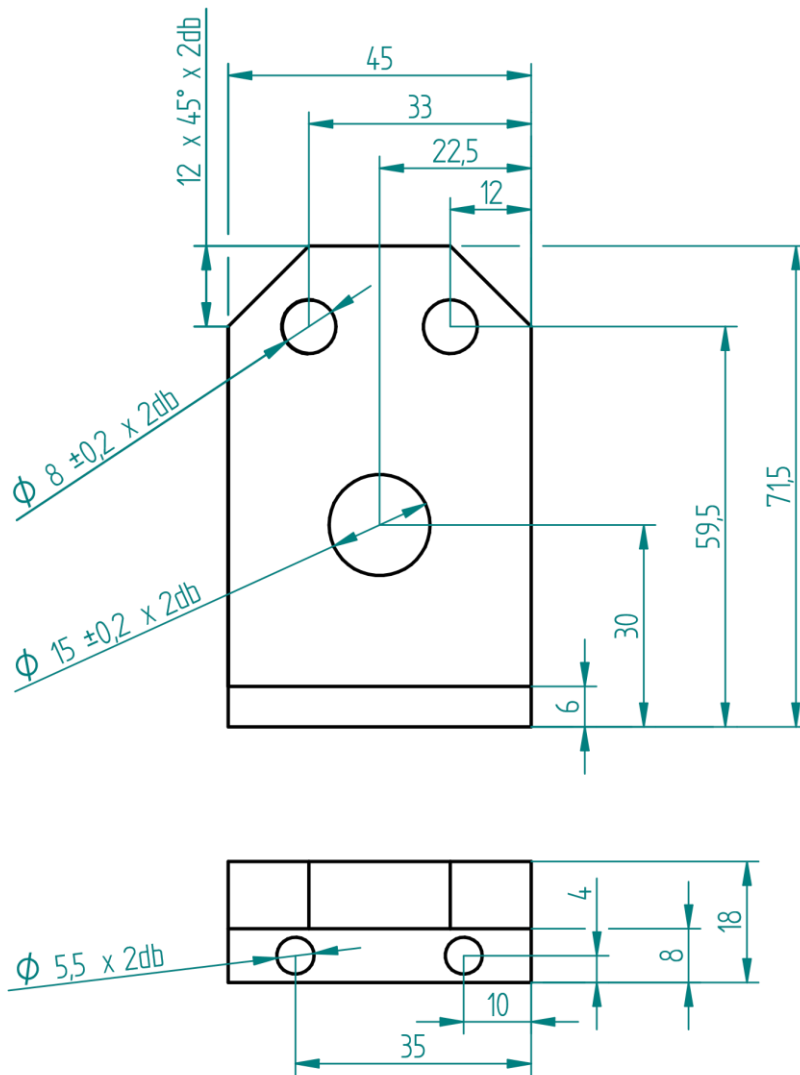
A rajzon tűrésetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendőek $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Motor-extrudercsiga	1:2	MATE
	tengelykapcsoló	Súly:	Rajzsám:
		0,028kg	FE-01-02
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1 1 lap
		PETG	



A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)

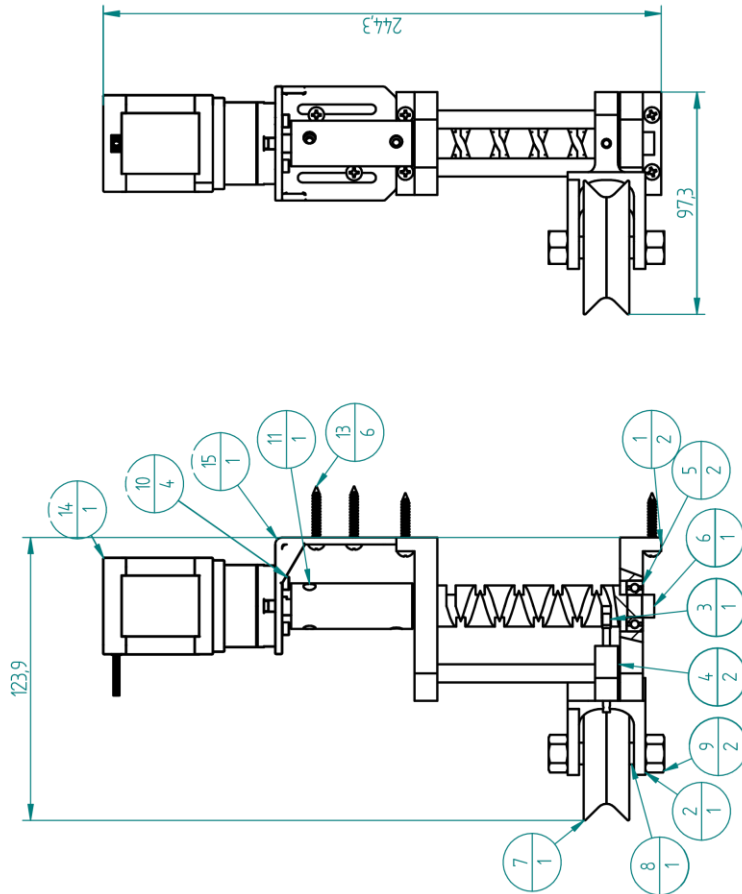
Ellenőrizte:	Tárgy: Motor-csiga tengelykapcsoló	M.A.:	Vállalat: MATE
		2:1	Rajzszám: FE-05-04
		Súly: 0,014kg	
	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap
Dátum: 2023.05.08.			



A rajzon tűrésetlenül méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendőek $\sqrt{Ra 22,5}$ ($\sqrt{Ra 3,2}$ Nyomatási síkra
 mérőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: Osztóegység konzol	M.A.:	Vállalat: MATE
		1:1	Rajzsám: FE-05-01
		Súly: 0,031kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: PLA	Lapok száma: 1 1 lap

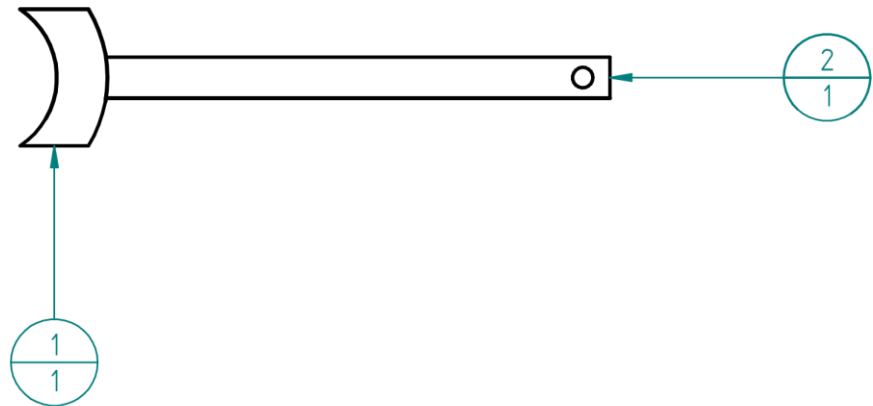
Reviziótörténet	
REV	Leírás
	Dátum
	Jóváhagyva



Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Konzol	2	PLA	FE-05-01	
2	Tárcsa konzol	1	PLA	FE-05-02	
3	Vezetélt profil	1	-	FE-05-03	
4	rúd 8x100mm	2	acél	-	
5	Golyóscsapágy 10x15x4mm	3	-	www.amazon.de	
6	Csigakerék	1	PLA	FE-05-05	
7	Féltárcsa	2	PLA	FE-04-02	
8	M10 menetesszár 50mm	1	acél	-	
9	M10 anya	2	acél	MSZ EN ISO 4032	
10	M3x10 bk csavar	6	acél	MSZ EN ISO 4762	
11	Motor-csiga fogkapszoló	1	PETG	FE-05-04	
13	3,5x25 0 fejű facsavar	6	acél	DIN 7985	
14	Nema 17 léptetőmotor	1	-	www.omc-stepperonline.com	
15	Nema 17 konzol	1	acél	www.omc-stepperonline.com	

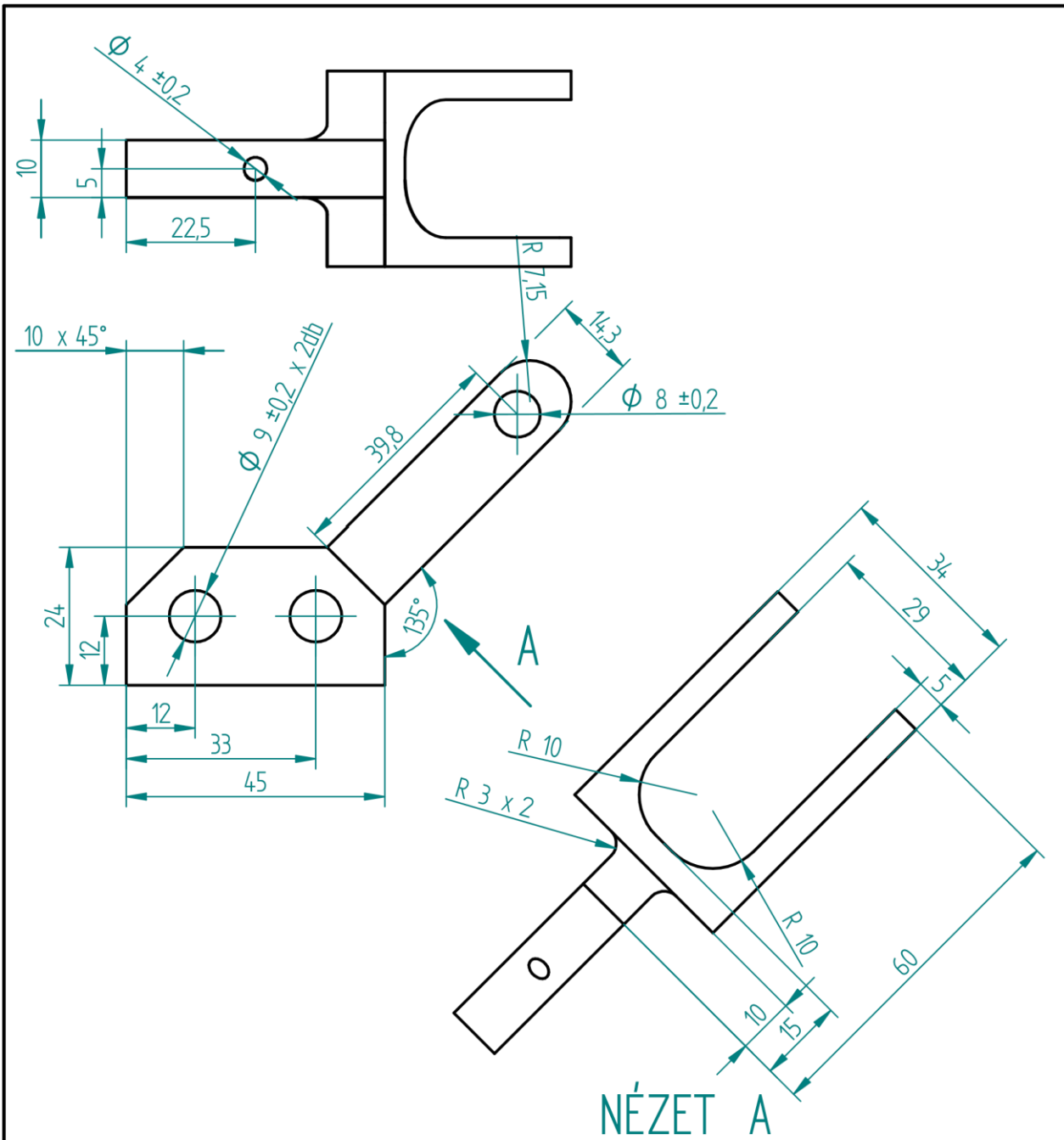
EllenőriztE-05	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Osztóegység összeállítási rajz	1:2	MATE
		Súly:	Rajzszám: FE-05
		0,5kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1
			1

Solid Edge Community Edition



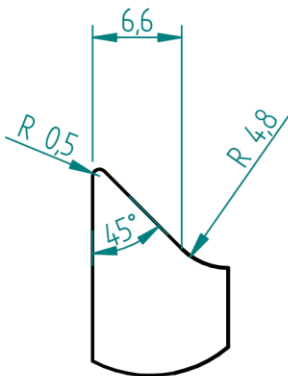
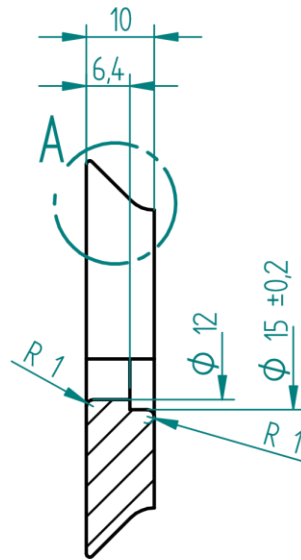
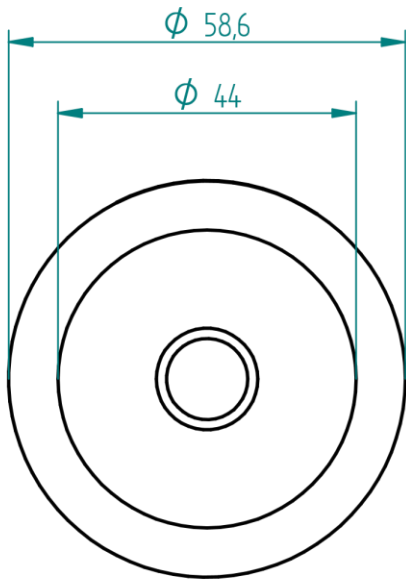
Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Profil	1	PLA	FE-05-03-01	
2	Rúd	1	Acél	FE-05-03-02	

Ellenőrizte:		Tárgy: Vezetett csap	M.A.:	Vállalat: MATE
			2:1	Rajzszám: FE-05-03
			Súly:	
			0,003kg	
Dátum: 2023.05.08.		Név: Falvay Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1 1 lap



A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők $\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomtatási síkra merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Tárca konzol	1:1	MATE
		Súly:	Rajzszám:
		0,017kg	FE-05-02
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1 1 lap
		PLA	



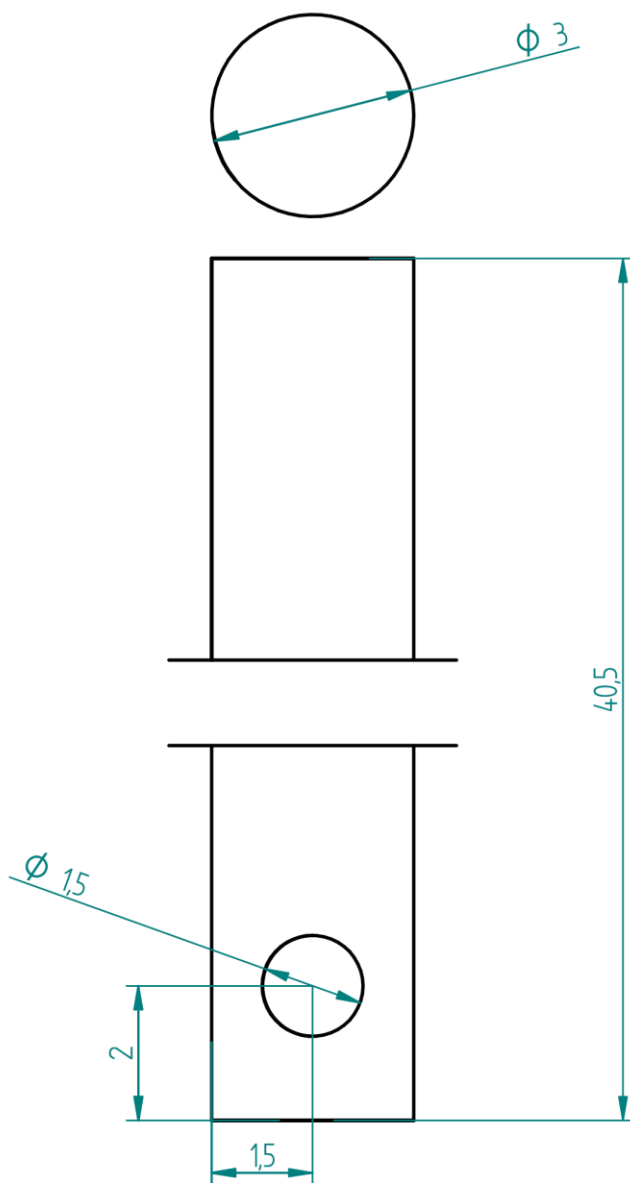
RÉSZLET A

A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők

$\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)



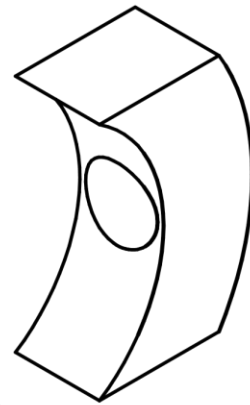
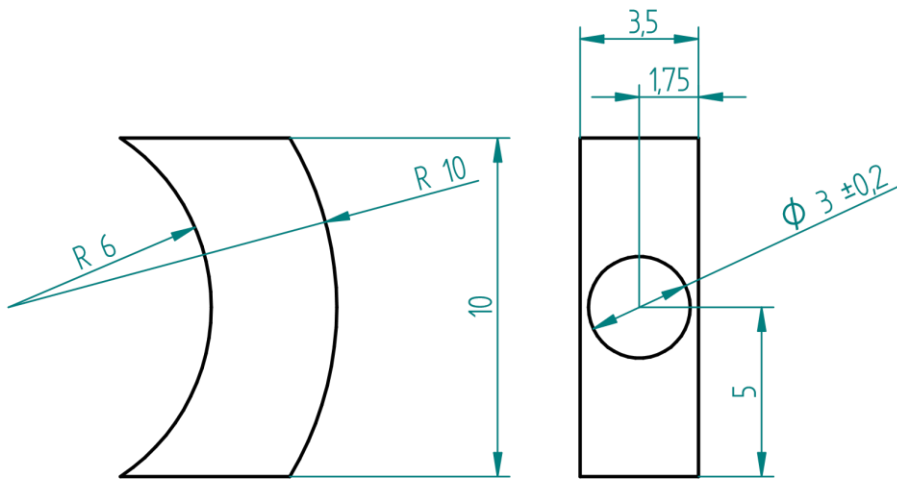
Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Féltárcsa	1:1	MATE
		Súly:	Rajzszám:
		0,019kg	FE-04-02
	Név:	Anyag:	Lapok száma:
Dátum: 2023.05.08.	Falvay Balázs	PLA	1 1 lap



A rajzon t r szetelen méretek
+/- 0,2 mm-rel értendők

$\sqrt{Ra 3,2}$

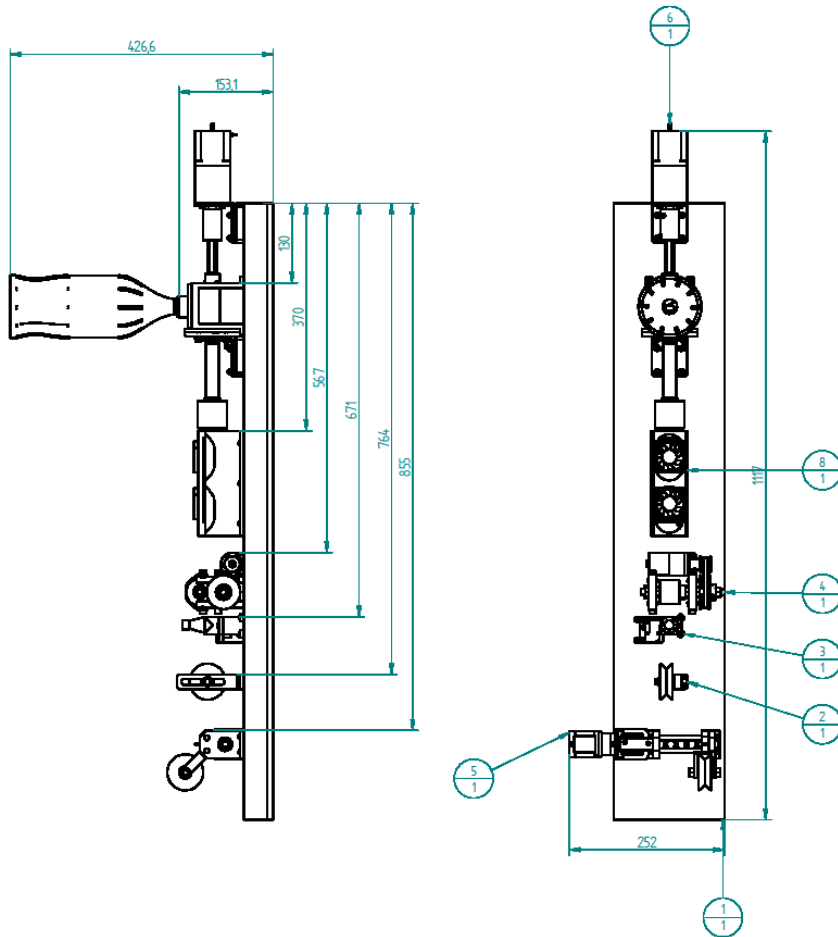
Ellenőrizte:	Tárgy: Rúd	M.A.:	Vállalat: MATE
		10:1	Rajzsám: FE-05-03-02
		Súly:	
		0,002kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag: Acél	Lapok száma: 1 1 lap



A rajzon tűrésezetlen méretek
 +/- 0,6 mm-rel értendők

$\sqrt{Ra\ 22,5}$ ($\sqrt{Ra\ 3,2}$ Nyomatási síkra
 merőleges felületeken)

Ellenőrizte:	Tárgy: Profil	M.A.:	Vállalat: MATE
		5:1	Rajzszám: FE-05-03-01
		Súly:	
		0,001kg	
Dátum: 2023.05.08.	Név: Falvay Balázs	Anyag:	Lapok száma: 1 1 lap



Tsz.	Megnevezés	Db.	Anyag	Hivatkozás	Megjegyzés
1	Alaplap	1	fa	-	-
2	Feszítő o.á.	1	-	FE-05	-
3	Ellenőrző o.á.	1	-	FE-04	-
4	Hűző o.á.	1	-	FE-03	-
5	Osztó o.á.	1	-	FE-06	-
6	Extruder o.á.	1	-	FE-01	-
7	Alaplap láb	2	fa	-	-
8	Hűtő o.á.	1	-	FE-02	-

Ellenőrizte:	Tárgy:	M.A.:	Vállalat:
	Filament Extruder összeállítási rajz	1:5	MATE
	Név:	Súly:	Rajzsám: FE-00
Dátum: 2023.05.08.	Falvay Balázs	8kg	
	Anyag:	Lapok száma:	1 1 lap

Solid Edge Community Edition