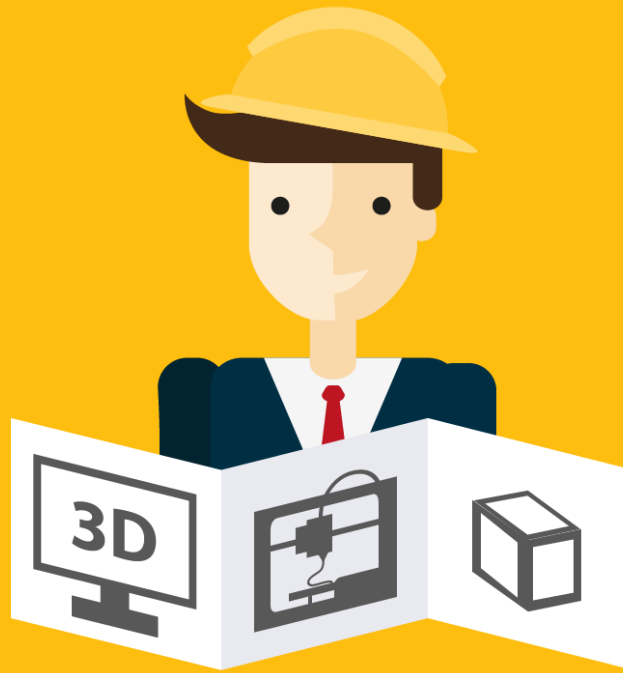
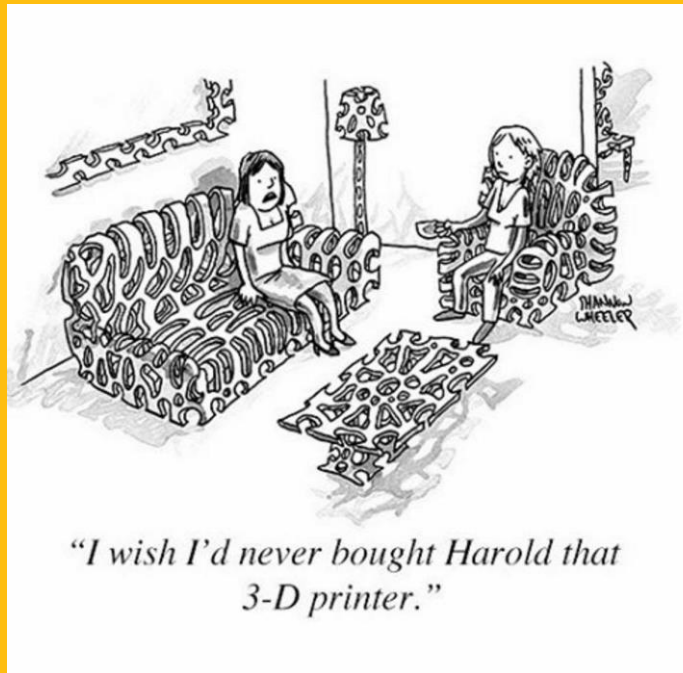




A 3D NYOMTATÁS ALAPJAI

Tartalom

Bevezető – A 3D nyomtatásról dióhéjban	4
Hogyan hozható létre egy 3D modell?	6
3D modell letöltése	7
Objektumok 3D szkennelése	8
3D modellek tervezése	9
3D modellező szoftverek	11
Szolid/doboz modellezés.....	12
Digitális szobrászkodás.....	13
Mesh vagy poligon modellezés	14
Görbékkel történő modellezés.....	15
Parametrikus tervezés.....	16
Hogyan modellezz 3D nyomtatásra?	18
3D nyomtatási technológiák.....	22
Szálhúzásos 3D nyomtatás filamentből (FDM, Fused Deposition Modeling)	23
Por alapú 3D nyomtatás (SLS – Selective Laser Sintering, Binder Jetting)	24
Műgyanta nyomtatás (SLA - Stereolithography, DLP - Digital Light Processing, PolyJet)	25
Digitális viasz nyomtatás és precíziós öntés.....	26
A 3D nyomtatás leggyakoribb alapanyagai	28
Modellek előkészítése 3D nyomtatásra.....	35
Népszerű szeletelő programok letöltési linkjei	38
Gyakorlati példák saját munkáinkból	39



A 3D NYOMTATÁSRÓL DIÓHÉJBAN

Bevezető – A 3D nyomtatásról dióhéjban

A 3D nyomtatás, más néven additív gyártás, egy olyan eljárást takar, amely során valamilyen alapanyagból **rétegek egymásra építésével létrehozunk egy kézzel fogható tárgyat**. Legeslegelső alkalmazására a 80' években került sor. Akkor még igen drága gépek készítettek jellemzően prototípusokat, mára azonban odáig fejlődött a technológia, hogy a legújabb 3D nyomtatók már magas minőségű végtermékek készítésére is képesek. Az eljárás egyre gyorsabb és olcsóbb lesz, a nyomtatható anyagok köre pedig folyamatosan bővül, ezzel egy nagyon sokoldalú eszközt adva a kreatív hobbisták, művészek, mérnökök és feltalálók kezébe.

A 3D nyomtatás a hagyományos, úgynevezett szubtraktív technológiákkal ellentétben nem egy adott tömbből a felesleg eltávolításával faragja ki az adott modellt, hanem saját anyagából építi fel azt. Ezáltal nem termel annyi hulladékot, valamint újszerű, összetett és **más módon nem gyártható geometriák létrehozására képes**. Mivel minden mintadarabot egyetlen 3D modell alapján, egyesével gyárt le a 3D nyomtató (átállási, szerszámozási költségek nélkül), ezért a technológia **kifejezetten alkalmas, egyedi, személyre szabott vagy kisseriás gyártási feladatok ellátására**.

A 3D nyomtatókat legintenzívebben adaptáló iparágak közé tartozik az **autógyártás, repülőgépipar, gépgyártás, hadiipar, elektronikai ipar és az egészségügyi szektor**. A technológia az ékszerészet, divattervezés, szobrászat, építészet és belsőépítészet területén is egyre izgalmasabb produktumokat eredményez. A 3D nyomtatás legnagyobb felhasználói felismerték, hogy az új gyártástechnológia hatékony alkalmazása **új design szemlélet kialakítását is igényli**, ezért mind a multik, mind a fejlett országok kormányai egyre intenzívebben támogatják a 3D tech terjedését az oktatásban. Magyarországon a **3DTech az Iskolákban program** karolta fel a kezdeményezést és szerelt fel iskolákat, gyűjti a tapasztalataikat, keresi a szponzorokat az új generáció naprakész tudásának biztosításához.

A 3D nyomtatás folyamata nagyvonalakban így írható le:

1. Az alapja egy 3D modell, enélkül nem tud min dolgozni a 3D nyomtató.
2. A 3D modellnek meg kell felelnie bizonyos technológiai elvárásoknak, illetve a nyomtató előkészítő szoftvere számára értelmezhető fájlformátumban kell menteni.
3. A 3D nyomtató szoftvere ezt a modellt hajszálvékony rétegekre szeleteli, a rétegeken belül pedig meghatározza a nyomtatófej útját és dolgát. Gyakorlatilag létrehoz a 3D modell alapján egy programot.
4. Ezt a programot követve a gép a kiválasztott anyagból rétegről rétegre felépíti a kívánt tárgyat.

A különböző 3D nyomtatótechnológiák ismerete segíthet jobb, szebben kivitelezhető modelleket tervezni. Ezzel a tudással a tarsolyunkban könnyebb a különböző anyagok és módszerek között választani, és átláthatóvá válik, hogy bizonyos anyagokból miért nem, míg másokból miért nyomtatható egy 3D terv.



HONNAN SZEREZZÜNK 3D MODELLT?

Hogyan hozható létre egy 3D modell?

A 3D modell egy háromdimenziós tárgy virtuális, forgatható, minden irányból megvizsgálható digitális megfelelője.

Stílusosan **háromféle módon lehet szert tenni egy 3D modellre:**

1. **Letöltéssel**, ha már más MEGTERVEZTE
2. **3D szkenneléssel**
3. **3D modellezéssel**

Ahogy a 2D képfájlok esetében már megszoktuk a tengernyi kiterjesztést (.tiff, .jpg, .png, stb.), úgy a 3D modellfájloknak is többféle kiterjesztése lehet. Mindazonáltal, ha 3D nyomtatás a cél, akkor **a legelterjedtebb kiterjesztés az .stl** (Standard, Triangle Language), amelyet a legtöbb 3D modellező program képes exportálni.



LETÖLTÉS



3D SZKENNELÉS



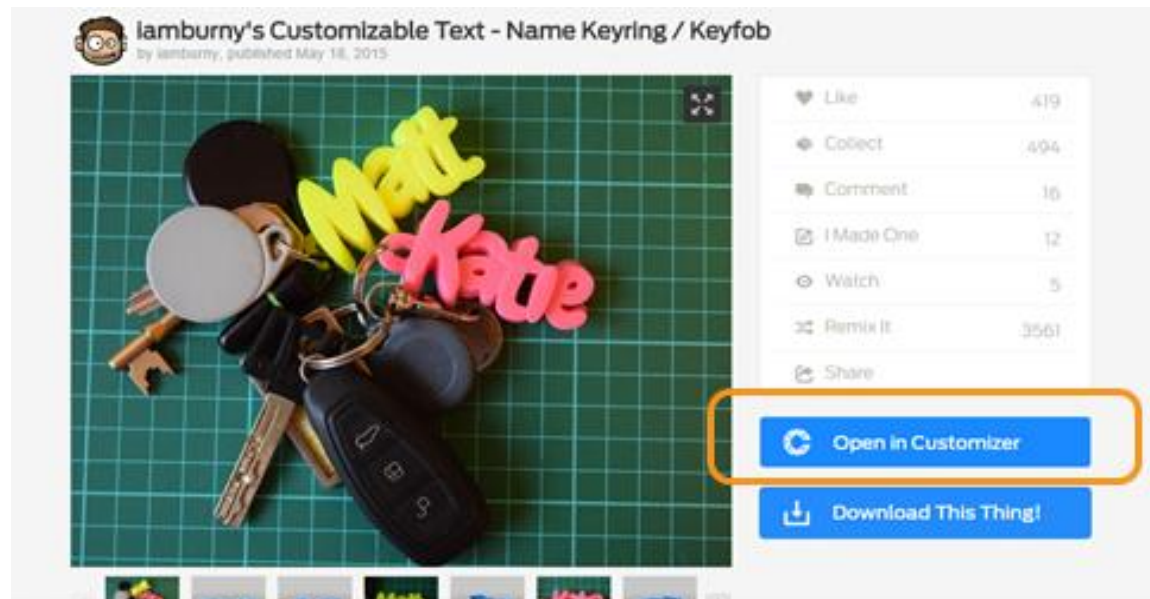
3D MODELLEZÉS

3D modell letöltése

A legegyszerűbb és leggyorsabb módja az első nyomtatandó 3D modelled megszerzésének, ha letöltjük azt. A 3D nyomtatás terjedésének hála már számos olyan weboldal van, ahol **több tízezer ingyen letölthető 3D modellt találhatunk**. A digitális alkotás hatalmas előnye, hogy a modellek könnyűszerrel megoszthatók. Fontos, hogy figyeljünk adott oldalon a modellek felhasználhatóságát korlátozó szerzői jogokra.

A legnépszerűbb, ingyenes weboldalak:

- [Thingiverse](#)
- [Youmagine](#)
- [GrabCAD](#)
- [Sketchfab](#)
- [MyMiniFactory](#)
- [PinShape](#)
- [Cults3D](#)



A Thingiverse-en olyan modelleket is találhatunk, amelyeket néhány paraméter állításával 3D modellezői tudás nélkül személyre szabhatunk, változtathatjuk a formáját vagy akár feliratozhatjuk. Ilyen tárgyak megtalálásához [customizable things oldalt kell felkeresni, vagy a keresőbe a 'customizable' szót is be kell írni](#) a keresett kifejezés mellé.

Objektumok 3D szkennelése

3D szkenneléssel modellezői tudás nélkül is létrehozhatunk saját, egyedi 3D fájlokat. Számos eszköz és szolgáltató áll a rendelkezésünkre a tárgyak vagy emberek digitalizálásához:

- **Lakossági körben** a legnépszerűbb 3D szkenneléssel járó szolgáltatás a [MiniMe](#), azaz saját magunk digitalizálása és kicsinyített másunk 3D nyomtatása, de már egyedi ajándéktárgyak, vagy eltörött háztartási gép-, autóalkatrészek 3D nyomtatása is egyre népszerűbb.
- A **vállalati szférában** a technológia legjellemzőbb felhasználási területei a [reverse engineering](#), minőségügyi ellenőrzés, értékmegőrzés, online termékmegjelenítés, CGI (filmipar) és a személyre szabott egészségügyi szolgáltatások.

A leggyorsabb út a 3D szkennelés kipróbálásához egy **ingyenes mobilapp** (például [123DCatch](#)) letöltése. Ha ennél többre vágyunk, akkor **már 100 000 Ft körül beszerezhetők 3D szkennerek**, amelyekkel 1-2 mm pontossággal színes modelleket rögzíthetünk. A felvételeket aztán online 3D galériába rendezhetjük, kinyomtathatjuk vagy módosíthatjuk. Az egyik legnépszerűbb ilyen eszköz a 3DSystems által gyártott (az [i.materialise 2016-os listáján](#) a második legkedveltebb) [Sense kézi 3D szkennер](#). A Sense szkennерrel 2-3 perc alatt színes, 3D felvételt készíthetünk egy emberről vagy nagyobb tárgyról. Ez a minőség online termékkatalógusokhoz vagy hobbi felhasználáshoz tökéletes. Az ipari felhasználásra szánt 3D szkennerekkel szemben már sokkal nagyobbak az elvárások, ami az árukon is meglátszik. Nem ritka, hogy az ipari mérések során mikron pontosságra (a mm ezredrésze) van igény. Ilyen precizitáshoz például telepített kontaktszkennereket alkalmaznak. **Az ipari alkalmazásra szánt kézi szkennerek kevésbé pontosak (~50 mikron), azonban mobilak és ezért rugalmasabban vethetők be.** A legjobb kézi eszközök közé tartoznak az [Artec 3D szkennerei](#).

A különböző technológiákat egy bemutató vagy workshop során közvetlenül szakemberek által ismerhetjük meg, így az első próbálkozások is nagyobb eséllyel lesznek sikeresek. A 3D Akadémia [bevezető 3D szkennelés tréningjein](#) mind a low-end mind a high-end szkennerek bemutatásra és kipróbálásra kerülnek a résztvevőkkel.

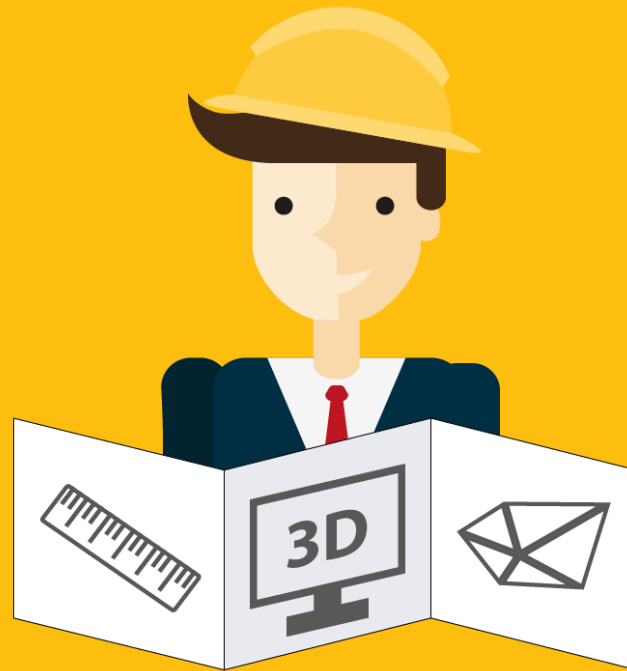


3D modellek tervezése

Egy újabb kézenfekvő megoldás egy profi [3D modellező szakember megbízása](#) a feladattal. Ha 3D nyomtatás a cél, akkor érdemes olyan tervezőt találni, aki ismeri és dolgozik a technológiával, így biztos, hogy figyelembe veszi a munka során a 3D nyomtathatóság elvárásait és korlátait.

A legrögebb, de egyben legizgalmasabb módszer pedig, ha magunk sajátítjuk el a 3D tervezés tudományát. [Össze is gyűjtöttünk 5 érvet a 3D modellezés kitanulására](#), ha még bizonytalan lennél.





A 3D MODELLEZŐ SZOFTVEREK

3D modellező szoftverek

Egy 3D modellező szoftver elsajátítása adja a legnagyobb tervezői szabadságot, azonban elég időigényes folyamat is egyben. Mindazonáltal nem fér hozzá kétség, hogy a befektetett idő könnyen megtérülhet, mivel a 3D tervezői tudás egyre keresettebb készségnek számít.

Az ingyenes online alkalmazásoktól kezdve a professzionális, mérnököknek szánt megoldásokig számtalan 3D modellező szoftver létezik, amelyek között elsőre igen nehéz lehet eligazodni. A választás, hogy melyik program elsajátításával kezdjünk, legalább olyan zavarba ejtő lehet, mintha kezdő programozónak felcsapva az első programnyelvet próbálnánk kiválasztani. Mivel mindenkinek más szempontok fontosak vagy más megoldások esnek kézre, ezért igen nehéz kategorizálni és sorba rendezni a programokat.

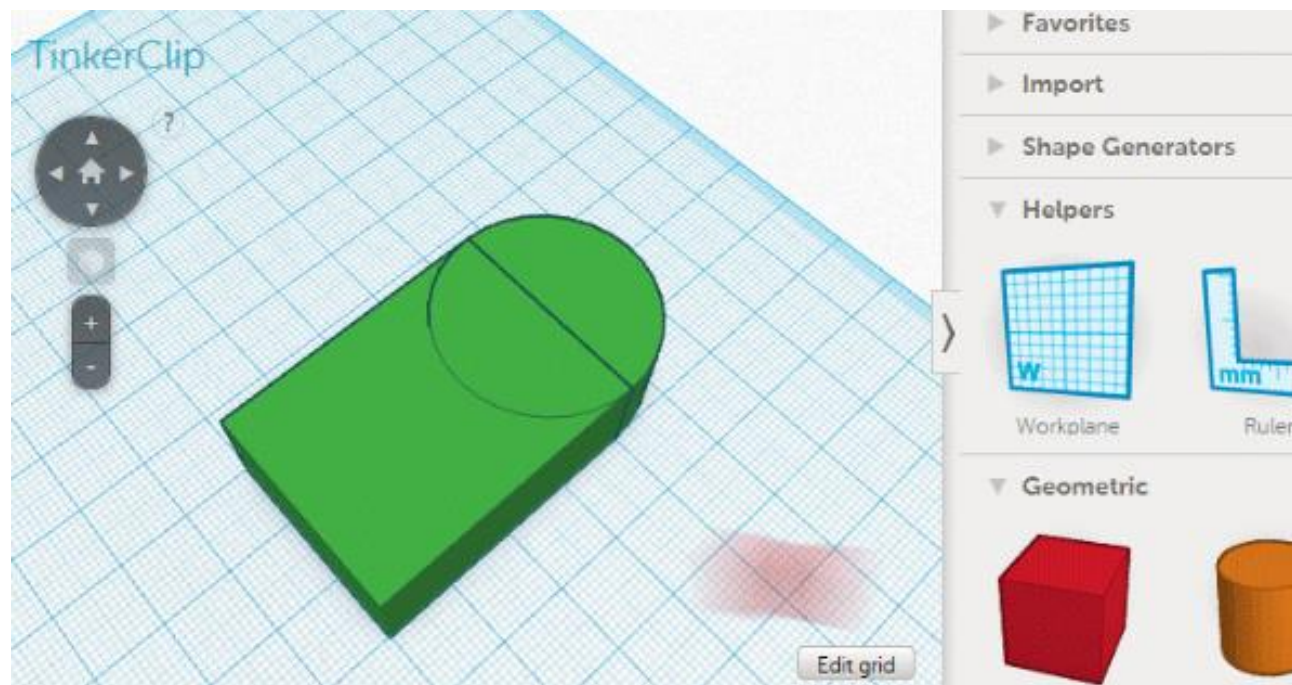
Ebben az anyagban főként ingyenes programokat fogunk bemutatni és a fő modellezési alapelvük szerint rendszerezzük őket. Így például lesznek, amelyek geometriai alakzatokra építenek, míg mások inkább digitális agyagszobrászkodásra emlékeztetnek. A legegyszerűbb ingyenes megoldásokat [a blogunkon is összegyűjtöttük](#), ezen a linken pedig az i.materialise kutatása alapján rangsorolt [25 legnépszerűbb modellező szoftvert](#) találhatod.

Szolid/doboz modellezés

Annak, aki még sosem modellezett életében és most szeretne ismerkedni a digitális tárgyalakotással, többek között a [TinkerCAD](#) adhatja meg a kezdő lökést.

A TinkerCAD egy ingyenes, felhasználóbarát, böngésző alapú 3D modellező alkalmazás, amelyben **különböző térgeometriai testek kombinálásával hozunk létre új tárgyakat**. Akiknek a gondolkodása könnyen rááll a geometrikus formákra, az gyors sikereket érhet el a TinkerCADdel. Sok iskolai partnerünk is ezt a programot mutatja meg először a diákoknak.

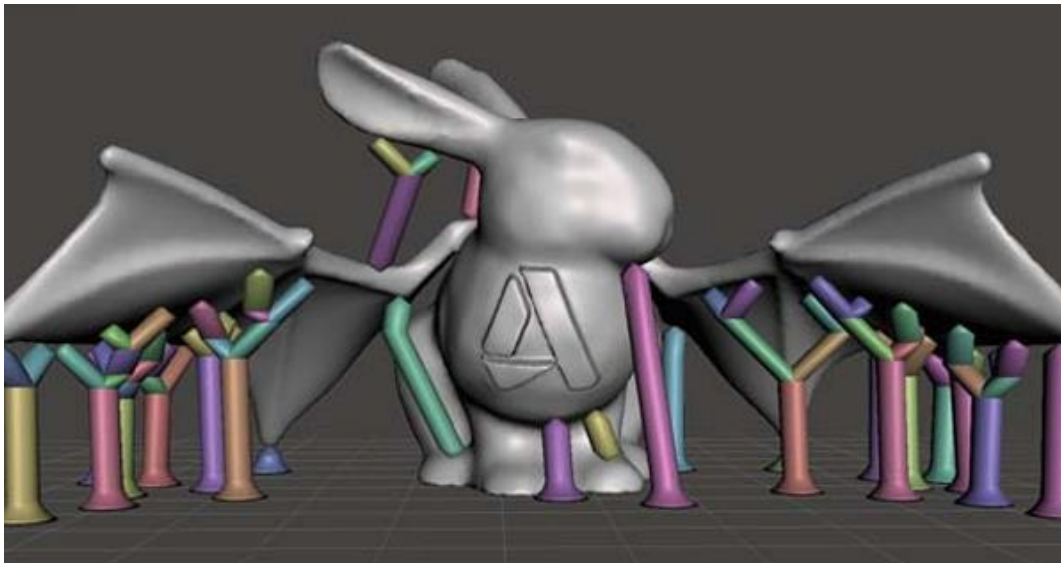
Ennél szofisztikáltabb, de hasonló logikára építő tervezőprogram például az Autodesk [123D Design](#).



Digitális szobrászkodás

Emberek, karakterek, állatok 3D modellezéséhez egy a **szobrászkodáshoz hasonló eszközökre építő szoftver** a legjobb választás.

Az egyik legegyszerűbb, ilyen elvre épülő szoftver a magyar fejlesztésű, böngésző alapú [Leopoly](#). A Leopolyban kiindulhatunk egy gömbből, de például használati tárgyak, ékszerek, lakberendezési tárgyak 3D modelljeiből is. Ezeket módosíthatjuk olyan eszközökkel, mintha agyagot formáznánk, vagy feliratozhatjuk, méretezhetjük, torzíthatjuk őket.



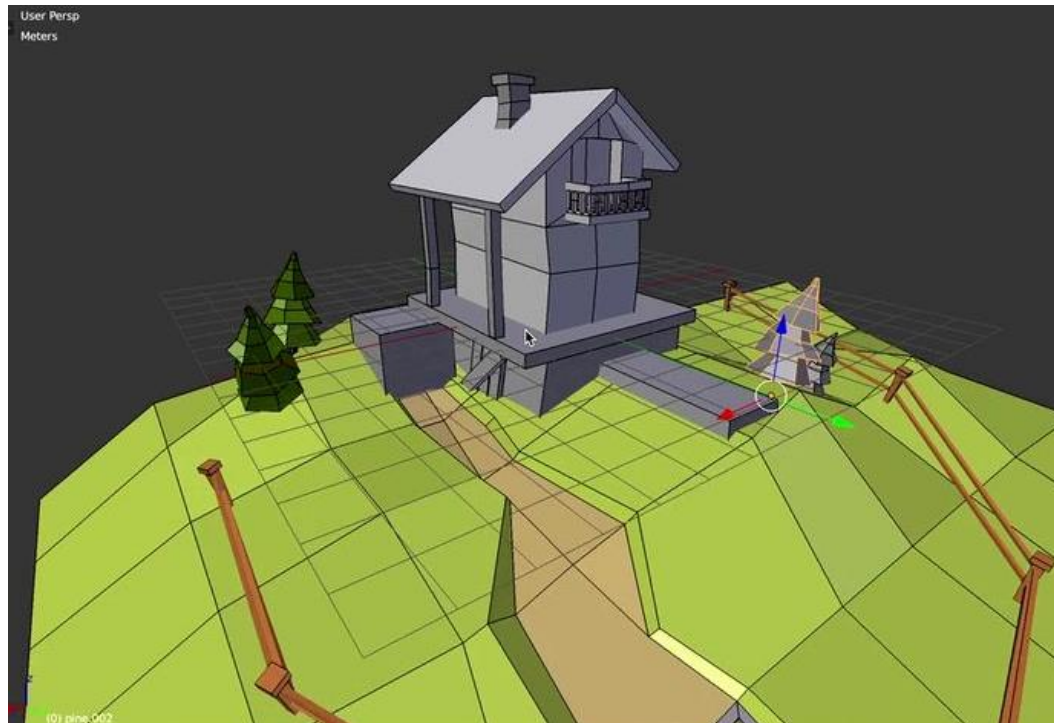
A [Meshmixer](#) egy letölthető, ingyenes program, amit mi is előszeretettel használunk karaktermodellezésre a 3D Akadémián, mivel rengeteg beépített forma, testrész is az eszköztárát képezi. Emellett a hibás 3D modellek javítására is alkalmas, ami a 3D nyomtathatósághoz szükséges.

A [Sculptris](#) szintén egy igényes és ingyenes belépő a 3D szobrászkodás világába. Az sem elhanyagolható, hogy a Sculptris kiismerése után a lelkes felhasználók a megszerzett tudásukkal könnyedén átnyergelhetnek a Pixologic haladóknak kifejlesztett, díjnyertes ZBrush szoftverére.

Mesh vagy poligon modellezés

A poligon modellező programokban az **objektum gyakorlatilag egy pontokra, élekre és felületekre épülő háló**. A sarokpontok mozgatásával módosítható a tárgy geometriája. Ez a megközelítés egy sokoldalú, azonban nehezebben elsajátítható 3D modellezési megoldást eredményez.

A legnépszerűbb ilyen jellegű ingyenes program a [Blender](#), azonban az eddig említettek közül ez a legbonyolultabb szoftver.



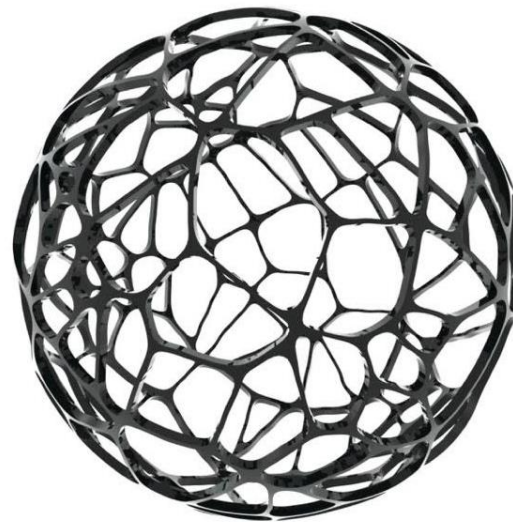
1 forrás: cgmeetup.net

Görbékkel történő modellezés

Ez a megközelítés arra alapoz, hogy **görbék**et és **vonalak**at rajzolunk, amelyeket összekötve **határozzuk meg a modellobjektum felületeit**.

Ilyen program például a [SketchUp](#), amelynek van ingyenes és fizetős verziója is. A [Rhinoceros 3D](#), amellyel mi is dolgozunk és a [3D Akadémián](#) is oktatjuk, szintén nagyon népszerű. A fő különbség köztük, hogy a SketchUp inkább vonalakra, míg a Rhinoceros 3D görbékre épít.

A Rhinival ezért áramvonalasabb, gömbölydedebb formák készülnek. Nem véletlen, hogy a **termék- és formatervezők körében igen népszerű**. A Rhinonak azonban nincs ingyenes verziója, egy 90 napos teljes trial verzió segít eldönteni, hogy nekünk való-e a szoftver. Ha igen, akkor sem kell olyan mélyen a zsebünkbe nyúlni, mert olcsónak számít a professzionális 3D modellező szoftverek piacán.

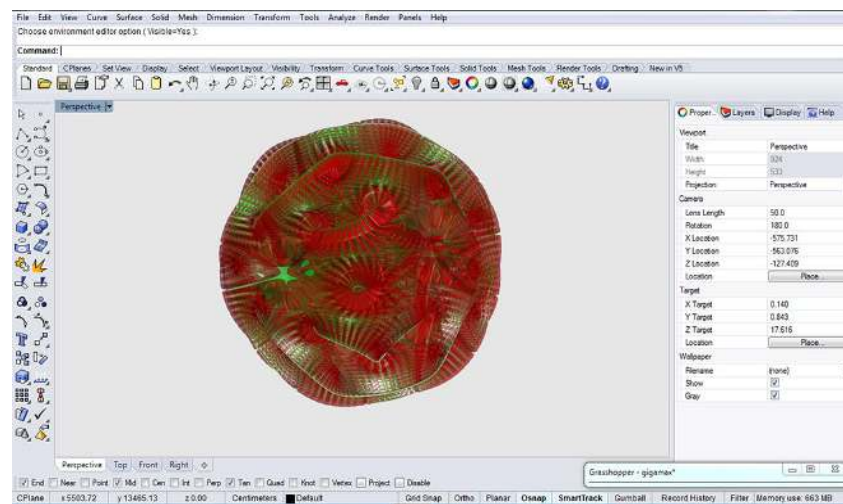
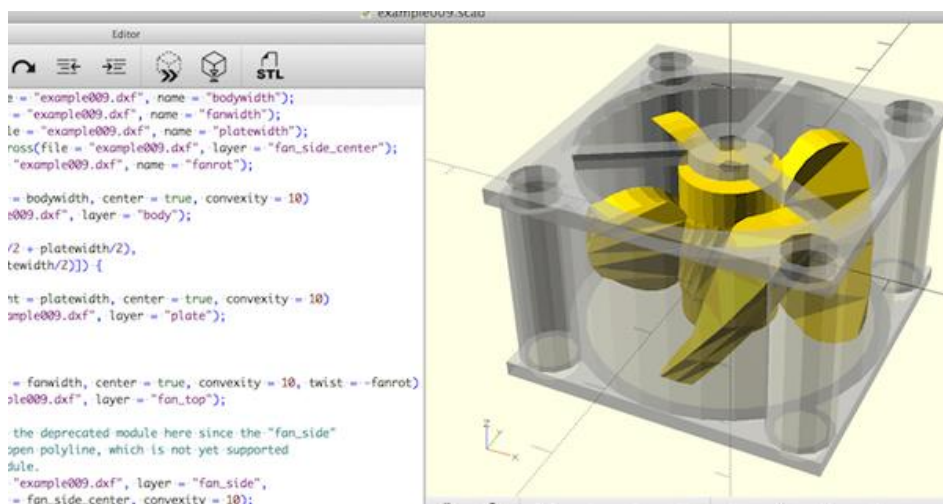


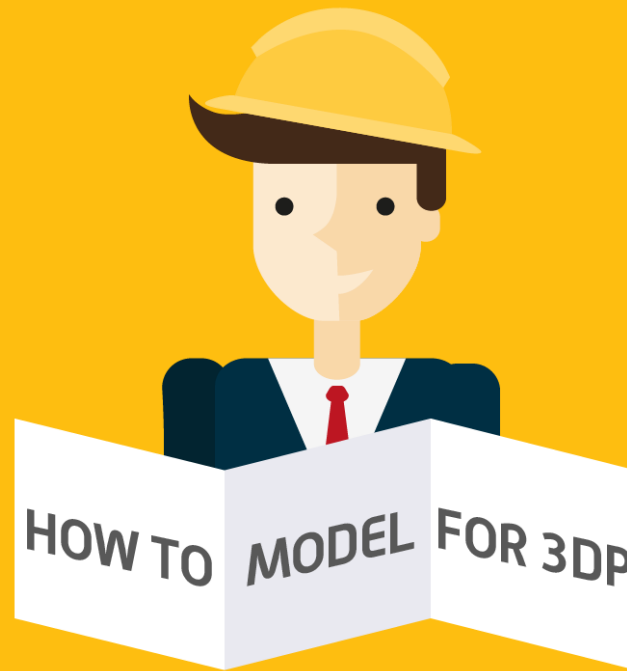
Parametrikus tervezés

Parametrikus 3D modellezés során parancssorok használatával, a programozáshoz hasonló logikával tervezünk. A parancsokban bizonyos paramétereket változtatva a modellünk formája is alakul. Ennek a megközelítésnek az előnye, hogy könnyen váltogathatunk régebbi és újabb tervek között. Az iteráció és a kísérletezés ilyen módon nagyon könnyű és gyors folyamat.

Ilyen szoftver például a [FreeCAD](#), amellyel precíz, geometrikus, műszaki formákat hozhatunk létre, vagy az [OpenSCAD](#), amely egy programnyelvet alkalmaz a modellek létrehozásához.

A Rhinoceros 3D-nek is van egy erőteljes, a parametrikus modellezést támogató plug-inja, a Grasshopper. Ez az a kiegészítő, amely miatt a Rhino egyre népszerűbb az ékszerészek és építészek körében, akik úgy tudnak vele algoritmusokkal modellezni, hogy nem kell megtanulniuk parancssorokkal programozni, hanem egy vizuális programozói nyelv segíti a munkájukat. Az organikus, összetett formák létrehozása, módosítása és a verziók közötti váltogatás ebben a környezetben nagyon könnyűvé vált számukra.





3D MODELLEK NYOMTATHATÓSÁGA

Hogyan modellezz 3D nyomtatásra?

A népszerű mondás ellenére, miszerint 'bármit ki lehet nyomtatni', **vannak bizonyos szabályok, amelyeket be kell tartani a 3D nyomtatásra való modellezés során.** Létrehoztunk a weboldalunkon is egy [nyomtatási útmutatót](#), itt pedig összegyűjtöttük a 6 legfontosabb alapelvet:

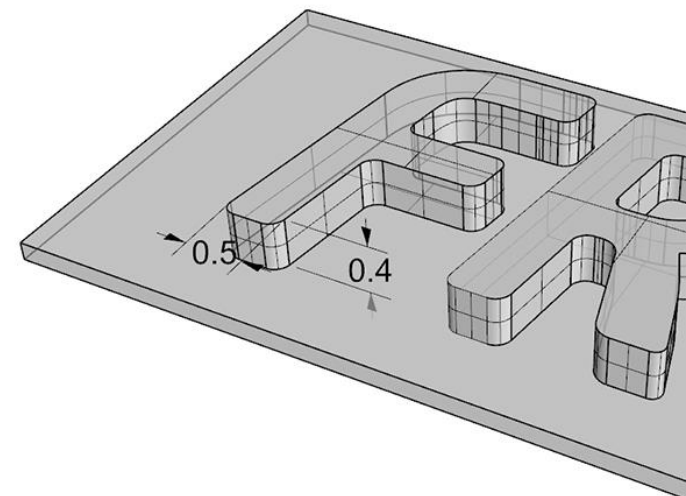
#1: A választott nyomtatási technológiának megfelelően tervez!

Minden nyomtatási technológiának és alapanyagának megvannak a maga tulajdonságai, amelyek meghatározók lehetnek a 3D modellezési folyamat során. A modelled minden apró részletének megfelelő méretűnek kell lennie ahhoz, hogy azt az adott technológiával ki lehessen nyomtatni, túlélje az esetleges utómunkákat és szállítás, használat során se legyen túlzottan sérülékeny.

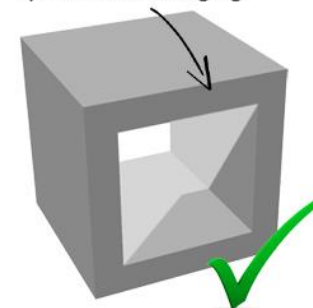
A falak és huzalok vagy oszlopok minimum vastagsága attól is függ, hogy mindkét végén megtámasztott, vagy teljesen magában álló formai részletről beszélünk. **A nyomtatási technológia a létrehozható és kivehető részletek (például feliratok) minimális méretét, a részletek pontosságát, a nyomat fizikai tulajdonságait, a felületek simaságát és a tervezendő tűréseket is meghatározza.**

#2: Falvastagság

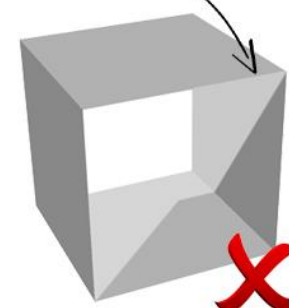
Ha már itt tartunk, akkor az egyik legfontosabb szabály, hogy **a modelled minden felületének adj falvastagságot.** A legtöbb modellező szoftverben lehetséges 2 dimenziós felületeket létrehozni, amelyek csak a látványtervet szolgálják. Ezt a „hibát” főképp építészeti terveknel tapasztaljuk. Mindazonáltal 3D nyomtatáshoz minden falnak kell adnunk vastagságot, ennek a minimum mérete szintén a nyomtatási technológia függvénye.



1,5mm-es falvastagság



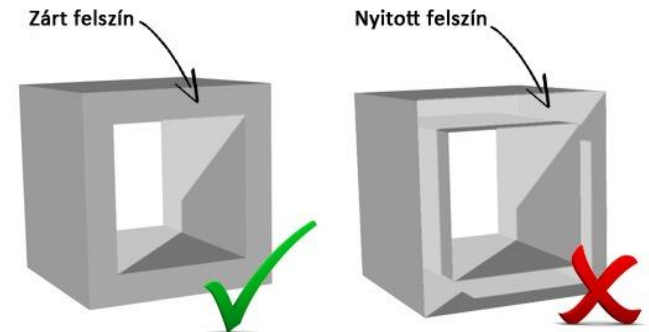
0mm-es falvastagság



#3: Zárt, vízhatlan modell létrehozása

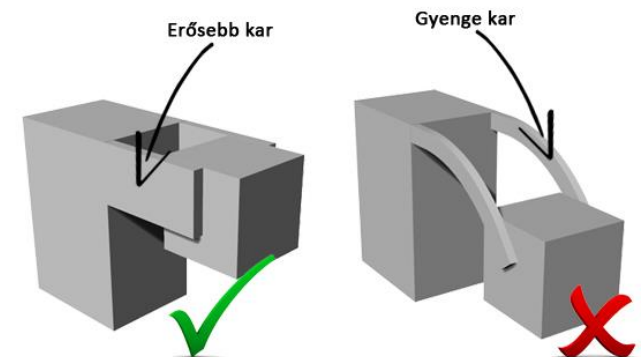
Egy 3D nyomtatásra szánt modell felületein nem lehet egyetlen lyuk sem. A manuális vizsgálathoz azt a kérdést kell megvizsgálnunk, hogy, ha vizet töltenénk a modellünkbe, vajon ki tudna-e folyni valahol? Ha valahol nyitott a felszín, azt be kell zárunk.

Az illusztrációnál kisebb, kevésbé szembeszökő lyukak is lehetnek a modellen, főleg, ha például azt 3D szkenneléssel hoztuk létre. Ilyen esetben például jól jöhet az említett Meshmixer szoftver, amelyben az Inspector paranccsal megvizsgálható a modell és automatikusan bezárhatók a nyitott felületek. Ez a módszer az esetlegesen rossz irányba álló normálisokat is javítja.



#4: Sérülékeny részek

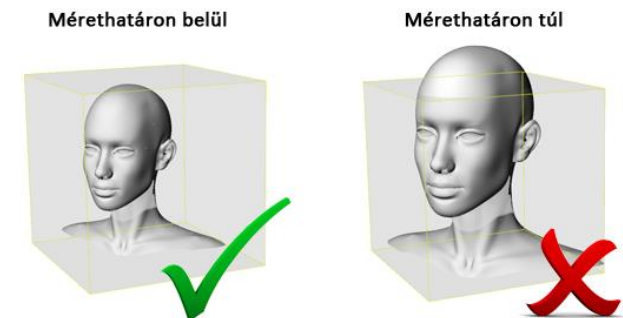
Olyan kiálló idomok, mint egy pöcök, oszlop vagy függesztés könnyen letörhetnek nyomtatás közben vagy után, ha a kapcsolódási pont nincs megerősítve.



#5: Méretezés

Azon kívül, hogy az adott technológiával nyomtatható maximum méretet is figyelembe veszed, nagyon fontos, hogy tudd, milyen mértékegységgel és méretben dolgozol. Exportálásnál, amikor létrehozod a .stl modelled, előfordulhat, hogy elállítódik a mértékegység, és egy mm-ben tervezett modellt inchben exportálsz.

Ez nem akkora probléma, ha 3D nyomtatásra is te készíted elő a fájlt, de ha egy szolgáltatónak küldöd el, akkor okozhat félreértéseket. Utóbbi esetben a biztos az, ha megrendeléskor a befoglaló méreteket írásban is tisztázzuk.



#6: Alapanyagfelhasználás

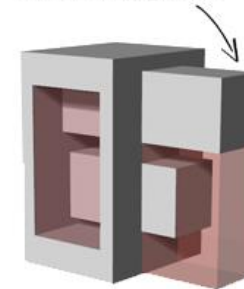
A 3D nyomtatás költségei két fontos tényező, az idő és az alapanyagfelhasználás befolyásolja.

A szükséges alapanyagcsökkentésének egyik legkézenfekvőbb módja a **kitöltés és a támaszanyagigény csökkentése**. FDM technológia esetében megpróbálhatunk úgy modellezni, hogy a nyomtatásra szánt tervben $\sim 40^\circ$ -nál ne legyen kisebb dőlésszögű kiálló rész vagy 3-4 cm-nél hosszabb áthidalás. Így például egy keretnek boltívet adva elkerülhetjük, hogy az egész felső ív támasztékre épüljön. Jó beállításokkal hosszabb hidakat is nyomtathatunk FDM gépen – [ezen a videón](#) például egy 8 cm-es hidat nyomtatunk [MakerBot Replicator 2](#)-vel.

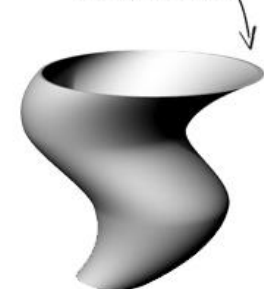
Bizonyos technológiák (például SLS vagy binder jetting) esetében sok alapanyagot spórolhatunk azzal is, ha üregessé tesszük a modellünket és kivezető nyílásokat tervezünk rá, ahol a felesleges alapanyagot nyomtatás után ki tudjuk önteni. FDM esetében a sztenderd 10%-os kitöltést csökkenthetjük, ha a modellnek nem kell később erőteljes fizikai hatásokat kibírnia.

A szükséges időt legbiztosabban a **kevesebb kitöltés és a rosszabb felbontás** (vastagabb rétegek) csökkenthetik.

Idő- és anyagigényes nyomtatás a sok támaszanyag miatt



Támaszanyag nélkül nyomtatható



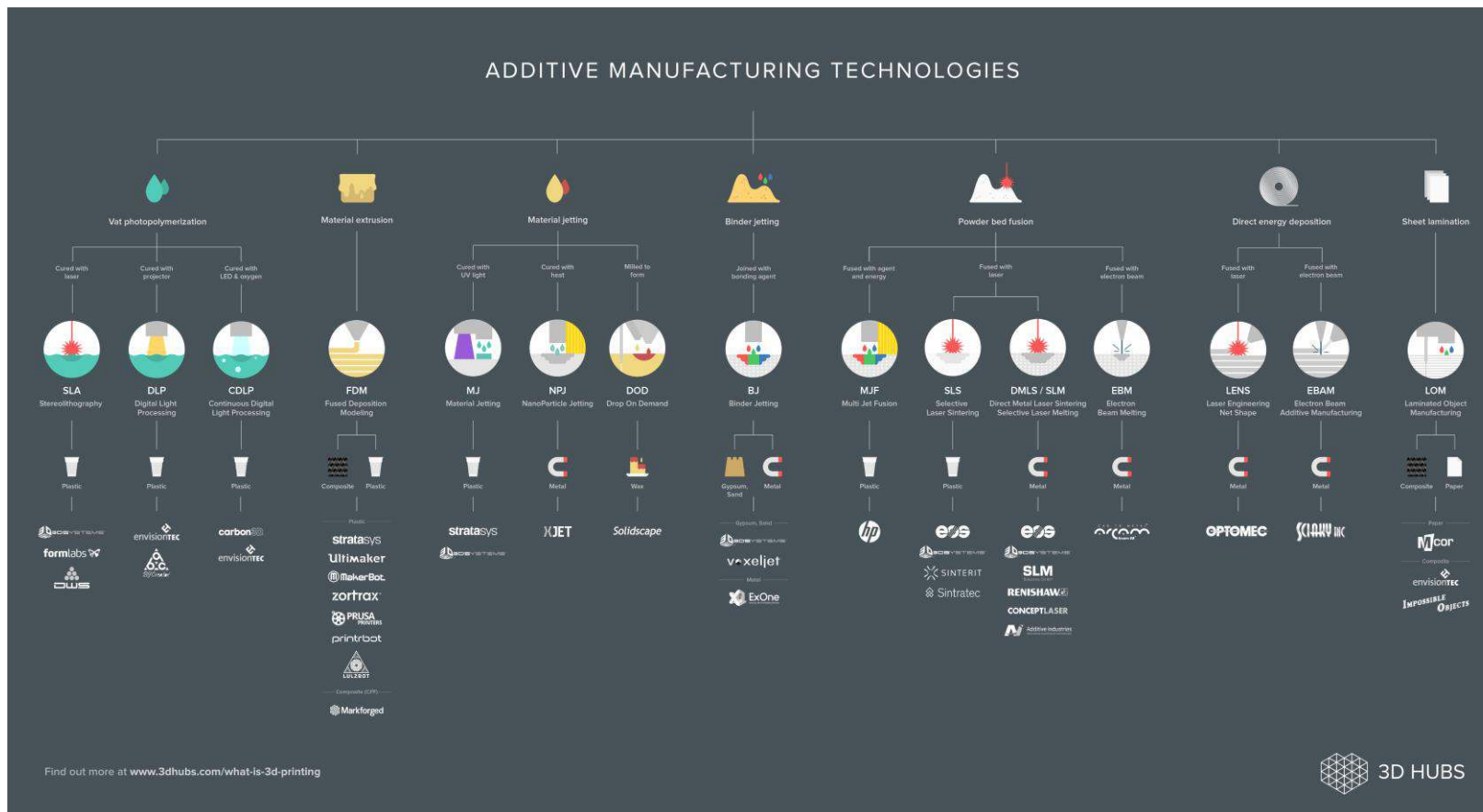
Elsőre mindez talán bonyolultnak tűnhet, pedig nem akkora ördögösség. Egy [bevezető 3D nyomtatás workshopon](#), amely mindössze 3 óra, mindezt részleteiben el szoktuk magyarázni a résztvevőknek. Emellett az interneten rengeteg elérhető 3D nyomtatás és modellezés tutorial van.



3D NYOMTATÁSI TECHNOLOGIÁK

3D nyomtatási technológiák

Ha ez az ábra, amely a jelenlegi 3D nyomtatási technológiákat sorakoztatja fel, meglepően sok ágat tartalmaz számodra, akkor ez a rész neked szól. 3D nyomtatni már rengeteg anyagot lehet (fém, kerámia, műanyag, műgyanta, stb.), a különböző anyagok pedig különböző technológiákat kívánnak.



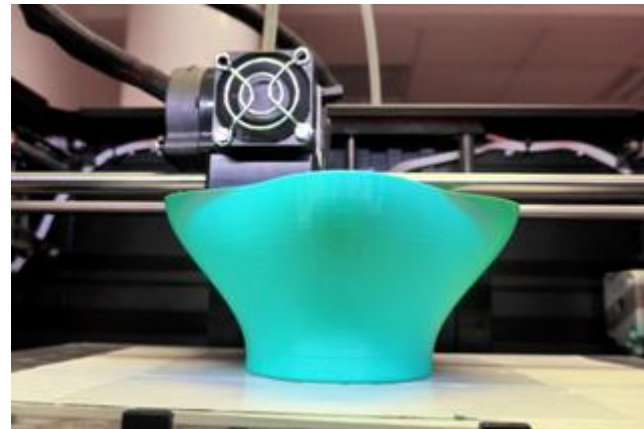
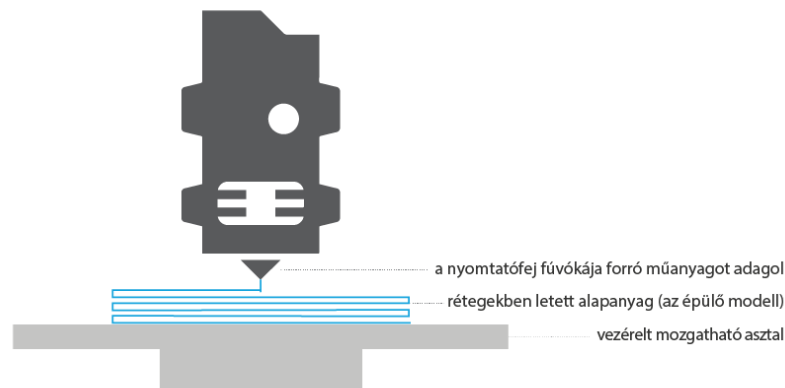
Szálhúzásos 3D nyomtatás filamentből (FDM, Fused Deposition Modeling)

A filament, azaz a 3D nyomtatószáll tekercselt 1,75 vagy 3 mm átmérőjű műanyaghuzalt jelent. Egy FDM nyomtató **ezt a műanyagszálat olvasztja meg a nyomtatófejben, majd az olvadt anyaggal rajzol a platformra**, ahol az azonnal megszilárdul. A nyomtatófej, azaz az extruder ezzel az eljárással rajzolja meg XY irányban mozogva a modell rétegeit, miközben két réteg között a tálcá Z irányban felbontástól függően általában 100, 200 vagy 300 mikront süllyed. [Ebben a ideóban részleteiben is megismerhető](#) a folyamat.

Ennek a technológiának a legelterjedtebb alapanyaga a **PLA és az ABS**. A jóval kezeesebb PLA egy keményítő alapú, lebomló biopolimer, míg az ABS egy kőolajszármazék. Mindkettő alkalmazása elterjedt a 3D nyomtatáson kívül is: PLA-ból készülnek a környezetbarát szatyrok, míg ABS-ből vannak többek között a LEGO kockák is.

Az FDM 3D nyomtatást ezeknek az alapanyagoknak a módosítása teszi még sokszínűbbé. Különböző módokon kezelve az anyagok egyes kívánatos tulajdonságai felerősíthetők. Például növelhető a hőállóságuk, adalékanyagokkal pedig új, funkcionális vagy esztétikai tulajdonságokat adhatunk nekik. Így készülnek az antisztatikus, vezetőképes PLA nyomtatószállak vagy a faporrall, fémporrall kevert PLA huzalok.

Az FDM modelleknek a felülete általában érdeesebb, mint a többi technológiával készült tárgynak, jobban láthatók a rétegvonalak. Jelenleg talán az [Ultimaker 3D nyomtatói](#) készítik a legszebb felületű szálhúzásos printeket.



Por alapú 3D nyomtatás (SLS – Selective Laser Sintering, Binder Jetting)



A 3D nyomtatók egyik nagy családja nem nyomtatószálból, hanem **porrétegekből építi fel a tárgyakat**. Az alumínium, titán, acél, homokkő, kerámia vagy a poliamid mind-mind por alapon 3D nyomtatódik, de nem mind egyformán.

Az egyik megoldás a porított anyagok nyomtatására, hogy a 3D nyomtató kamráját felfűtik olyan hőmérsékletre, ami éppen csak nem éri el az adott alapanyag olvadáspontját. Ezután a nyomtató lefektet egy hihetetlenül vékony réteget a porból, amelyet egy lézerrel éppen az olvadáspont fölé hevítenek azokon a pontokon, ahol össze kell álljon, azaz **szinterezik (SLS – szelektív lézer szinterezés)**. Ezzel az olvasztásos módszerrel készülnek a **3D nyomtatott fém és poliamid tárgyak**. Eltérő a két anyagcsoport között, hogy a fémek nyomtatása általában hagyományos gyártástechnológiákra építő utómunkát igényel, azaz a 3D nyomtatás és a forgácsolás hibrid alkalmazásával gyárthatók az összetett, tökéletesen precíz, sima felületű, öntvényminőségű fémalkatrészek.

Más anyagok, mint a **kerámia vagy a homokkő** szintén por formában kerülnek 3D nyomtatásra, azonban őket nem szinterezik, hanem **valamilyen kötőanyaggal ragasztják**. Akárcsak az SLS technológia esetében, az a folyamat is egy nagyon vékony porréteggel indul, azonban itt nincs szükség fűtésre. A nyomtatófej ezután körbejár az adott rétegben és egy kötőanyaggal összeragasztja a modell adott rétegét alkotó részeket. Mivel a modell részét nem képező por is a tartályban marad a teljes nyomtatási folyamat során, így **támasz szerkezetekre nincs szükség** (elvégez a támasztást a fel nem használt por), ami nagy tervezői szabadságot eredményez.

A **full-color szobrok** nyomtatása is ezzel a technológiával lehetséges. Nem tesz mást a nyomtató, minthogy [a kötőanyaghoz nyomtatás közben folyamatosan keveri a festéket, és ezzel a színezett ragasztóanyaggal állítja össze a homokkőpor rétegeit](#).



Műgyanta nyomtatás (SLA - Stereolithography, DLP - Digital Light Processing, PolyJet)

Ezzel a technológiával hozhatók létre a **legszebb felületű, részletes nyomtatások**. Éppen ezért a fogászatban vagy az ékszerészetben is széleskörben alkalmazzák.

A sztereolitográfias 3D nyomtatás során **egy folyékony polimert, műgyantát UV fénnel rétegről rétegre megszilárdítanak**. A folyamat egy tartályban megy végbe, ahol az UV érzékeny anyagba egy lézer dióda (SLA) vagy egy projektor fénye (DLP) világítja le a modell adott rétegét, míg az érintetlen részek folyékonyak maradnak. PolyJet nyomtatás esetén a támaszanyag egy másik nyomtatófejjel más anyagból kerül nyomtatásra és utólag könnyen lemosható a tárgyról, míg a DLP és SLA nyomtatók a modellanyagból készítik a szükséges tartószerkezeteket is.

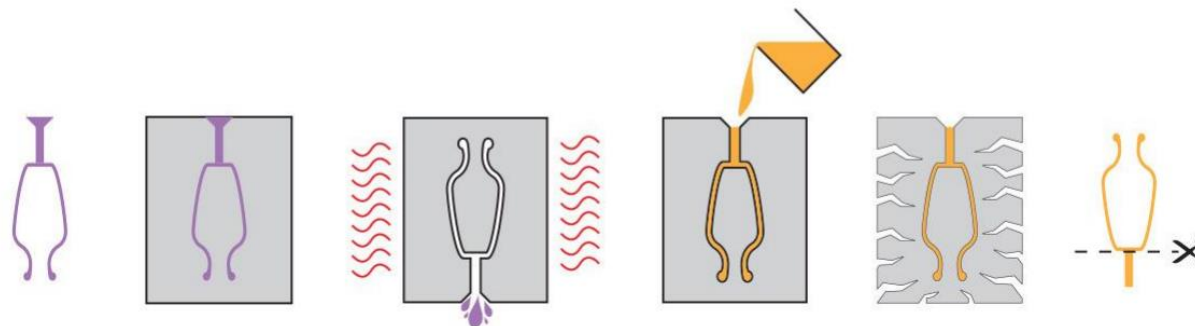
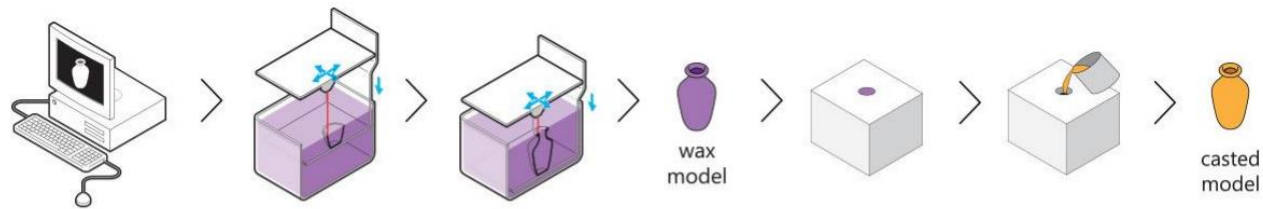
Ezek a nyomtatók drágábbak, mint az FDM gépek, azonban az utóbbi időben jelentősen csökkentek az áraik az olyan asztali gépek megjelenésének köszönhetően, mint a [Form 2 3D nyomtató](#).



Digitális viasz nyomtatás és precíziós öntés

Az SLA/DLP technológia, illetve a viasznyomtatás és a hagyományos precíziós öntés kombinációjával készülnek például a **3D nyomtatott nemesfém ékszerek**. Műgyanta nyomtatókkal is készíthetők „digitális viasz” alapanyagú, kiégethető modellek fémöntéshez, a Solidscape szabadalmaztatott technológiája azonban valódi viaszból állít elő rétegről rétegre öntészeti viaszmintákat 16 mikronos felbontásban. A marófejjel kombinált, petróleummal oldható támaszanyagossal eljárás a legprecízebbnek számít a piacon, jóllehet költséges technológiáról van szó.

Az első lépés a terv kinyomtatása viaszból vagy kiégethető műgyantából. A szilárd viasz formát ezután egy vagy több beömlőnyíláshoz rögzítik és ezekkel együtt merítik gipszbe. A megszilárdult gipszből lesz a fém öntőformája. A gipsz öntőformát beteszik egy kemencébe, ahol a nyomtatott viasz salakanyag nélkül kiolvad, majd a kihűlt formába a viasz helyére fémotöntenek. Amikor a fém lehűl és megköt, egyszerűen letörik róla a gipszformát és némi csiszolás, felületkezelés után kezünkbe vehetjük a kész tárgyat.



2forrás: i.materialise



A 3D NYOMTATÁS ALAPANYAGAI

A 3D nyomtatás leggyakoribb alapanyagai

PLA és ABS

Az **FDM 3D nyomtatás két leggyakoribb anyaga**, az ABS és a PLA is hőre lágyuló műanyagok, azaz újra meg újra megolvashatók és formálhatók, kihűlve pedig megszilárdulnak. A PLA egy keményítő alapú biopolimer, ami ezáltal környezetbarátabb és könnyebben is nyomtatható, mint az ABS. Az ABS egy kőolajszármazék, ami kevésbé ideálisan viselkedik nyomtatás során, azonban a fizikai tulajdonságai miatt kedveltebb a mérnökök körében. A [PLA és az ABS különbségeiről](#) részleteiben is írtunk a blogunkon.

PVA

A vízdoldható polimerek képviselője a PVA (polivinil-alkohol). Mivel a PLA-val megegyező módon nyomtatható és jól is tapadnak egymáshoz, ezért főleg a PLA támaszanyagaként használják a 3D nyomtatásnál.

Nylon

Azokban az esetekben, amikor **kiemelkedő rugalmasságra, tartósságra és szilárdságra** van szükség, a Nylon alapanyag megfelelő választásnak bizonyul. Ipari alkalmazása régóta széleskörű, köszönhetően előnyös tulajdonságainak. A Nylon 6 illetve 12 alapanyagokkal készült tárgyak ruhafestékekkel is színezhetőek, azonban legalább 250C-ra fűtenünk kell hozzá a nyomtatófejet.

HIPS

A High-Impact-Polystyrene gyakran az ABS mellett támaszanyagként használatos, nyomtatási paraméterei és tulajdonságai ugyanis nagyon közel vannak az ABS-hez. Önmagában is nagy szilárdságú alapanyag, ráadásul nem is karcinogén, viszont oldódik a limonén nevű vegyszerben. Így kétfextruder 3D nyomtatókon, mint az [Ultimaker 3](#) vagy a [MakerBot Replicator 2X](#), **ideális támaszanyag lehet ABS modelleinkhez**. Jó hőállósága, magas szilárdsága és food-safe minősítése miatt pedig önállóan is alkalmazható alapanyag.





PETG

Az üdítőspalackok PET alapanyagának egy módosított változata, mely változat nem válik törékennyé a hevítés következtében. Ennek köszönhetően egy ABS-szel megegyező szilárdságú, hőállóságú alapanyagunk van, amely a PLA-val megegyező könnyedséggel nyomtatható bármilyen gépen. A rétegek közötti kötés különlegesen erős, továbbá food-safe minősítésű változatok is léteznek.

ASA

Talán ez az alapanyag a leginkább alkalmas kültéri alkalmazásra a Nylon mellett, az ASA ugyanis **ellenáll a nedvesség mellett z UV sugárzásnak is**. Az autóiparban is használatos alapanyag remek mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, emellett időjárásállósága miatt tartós alkatrészek készíthetők belőle.

Flexibilis

A flexibilis 3D nyomtatószálak általában kétféle keménységgel kerülnek forgalomba, 92 ShA és 98 ShA felületi keménységgel. **Jellemzően TPU alapanyagból készülnek**, az 1.75mm-es szálak általában csak közvetlen meghajtású (direct drive) extruderekkel nyomtathatóak. Szilikongumiszerű illetve habos szerkezetű tárgyak nyomtatására alkalmasak.

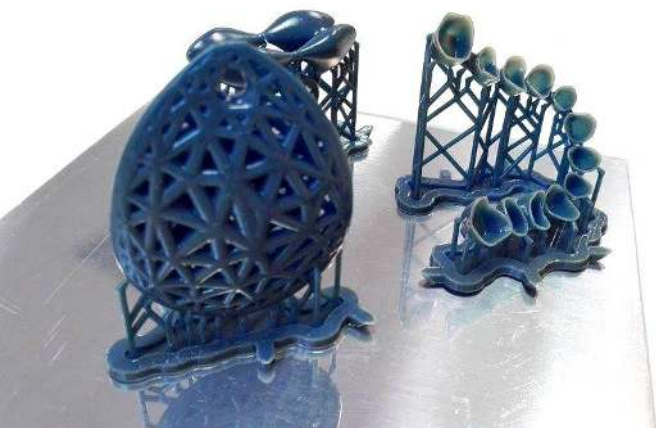
Műgyanta

Az SLA és DLP technológiás 3D nyomtatáskor a nagyfelbontású műgyanta modellek folyékony fotopolimerekből készülnek rétegről rétegre történő levilágítással. Ezek a fényre térhálósodó műgyanták ideálisak nagyfelbontású, cizellált részleteket tartalmazó modellek nyomtatására. Korábban az alapanyagok felhasználási köre viszonylag szűk volt a gyenge mechanikai tulajdonságok miatt, mára azonban megjelentek a korszerű, műszaki alapanyagok is, amelyek utókezelés után az ABS-szel megegyező szilárdsági mutatókkal vagy akár 289C-os hőállósággal is rendelkezhetnek.

Az elérhető, 3D nyomtatható műgyanták között találunk:

- salak nélkül kiégethető öntészeti alapanyagokat
- nagyszilárdságú, szerkezeti alapanyagokat
- flexibilis alapanyagokat
- biokompatibilis, orvosi/fogorvosi alkalmazásra fejlesztett alapanyagokat
- áttetsző, opaque, és színezhető alapanyagokat

Néhány különleges alapanyag esetében a nyomtatást követően UV utókezelés lehet szükséges a megfelelő fizikai tulajdonságok eléréséhez.





Poliamid

A poliamid 3d nyomtatott alkatrészek finom, fehér színű porból készülnek. Az eredmény egy viszonylag rugalmas, erős alapanyag, amely jelentős erőket és hajlító nyomatékokat tud felvenni. A felület finom, porózus szerkezetű, alkalmas funkcionális alkatrészek sorozatgyártására is. Ez a technológia (SLS - Szelektív Lézer Szinterezés) biztosítja a legnagyobb tervezői szabadságot a geometriát illetően. A por rétegekből a kontúrokat lézersugárral olvasztjuk össze, mely eljárás során homogén, izotróp szerkezetű alkatrészeket gyárthatunk.



Homokkő

A színes, full-color modellek és figurák, illetve a MiniMe szobrok is ebből az alapanyagból készülnek a Binder Jetting eljárás során. A homokkő rétegeket a nyomtatófej a kontúrok mentén CMYKW színű ragasztóval szilárdítja meg rétegről rétegre, majd vegyszeres utókezelést követően a modellek valóság-hű színekben pompázhatnak. A modellek a gipszszobrokhoz hasonlóan sajnos törékenyek, így műszaki alkalmazásuk a demonstráción túl erősen korlátozott; azonban az egyedi ajándéktárgyak piacán jelentős potenciál van bennük.

Homokkő alapanyaggal dolgoznak a Voxeljet ipari 3D nyomtató gépei is, amelyek különlegesen komplex geometriákkal készítenek homoköntészeti mintákat az autóipar és a gépgyártás számára.

Fémek

A [fémek 3D nyomtatása](#) alapvetően 2 technológia köré csoportosul aszerint, hogy az alapanyagot milyen módon olvasztják meg. Az **elektronsgárral történő olvasztás (EBM)** az Arcam cég védjegye, míg a közvetlen **lézerolvasztásos technológiát (DLM)** használják az EOS, Renishaw, SLM illetve Concept Lasers gépei is. Jelenleg olyan hibrid technológiák is vannak (pl. Trumf), amelyek forgácsolással kombinálva rendkívül pontos megmunkálást tesznek lehetővé.

Főként szerszámbetétek, komplex, topológiaiilag optimalizált fémalkatrészek gyártására használják.

Nyomtatható fémek:

- titán
- rozsdamentes acél
- martenzites acél
- alumínium
- kobalt-króm





Kerámia

A kerámiák nyomtatása **többféle technológiával is lehetséges**. Ipari körülmények között por alapanyagból készülnek a modellek, amelyeket utána kiégetnek, azonban a fotopolimerek közül is elérhető olyan resin például a Form2-höz, amely kiégetve kerámia terméket eredményez. Valamint delta típusú nyomtatóra is szerelhetünk kerámia extrudert, amely egy dugattyús tartályból extrudál agyagot rétegről rétegre.



Ételek

Az ételek nyomtatása szerteágazó lehet **a csokoládétól a különböző tésztatermékekig**, illetve porcukorból nyomtatott szobrokig. Jellemzően pasztaextruderekkel és csokoládéextruderekkel operálnak a piacon szereplő gépek, a hagyományos FDM technológiájú masinákra rögzített speciális adagolókkal emberi fogyasztásra alkalmas alapanyagokkal tudnak térbeli alakzatokat létrehozni.

Extruderes gépekkel gyakorlatilag bármilyen megolvasztható alapanyagot lehet nyomtatni, a csokoládétól az alacsony olvadáspontú fémekig. Szerves és szervetlen vegyületekből, étellel vagy építőanyaggal egyaránt lehet rétegről rétegre építkezni; a legfontosabb, hogy mindig az adott követelményeknek leginkább megfelelő technológiát és alapanyagot válasszuk ki.



3D MODELL FELSZELETTELÉSE

Modellek előkészítése 3D nyomtatásra

A 3D nyomtatás előkészítéséhez ún. slicing (~szeletelő) szoftvert használunk, amivel a **három dimenziós modell fájlunkat (általában .stl) lefordítjuk a nyomtató által értelmezhető programnyelvre (.gcode)**. Ez a folyamat leegyszerűsítve abból áll, hogy a nyomtatandó 3D modellt a program felbontja nagyon vékony szeletekre, és ezeken a szeleteken belül meghatározza az extrúder útját és működését, miközben a tárgyasztal minden elkészült réteg után a szoftverben beállított rétegmagasságnak megfelelően távolodik a nyomtatófejtől. **Ebben a szoftverben tudjuk megadni a nyomtatás minőségével kapcsolatos beállításokat.** A 3D Akadémia blogján a teljes előkészítési, azaz szeletelési folyamatot a [MakerBot Desktop szoftverhez készült útmutatóban](#) végig lehet követni.

A G-code lesz a kimeneti fájlformátumunk, ezt hozza létre a szeletelő szoftver. A G-code egy numerikus vezérlésű programozási nyelv, amit már régóta a számítógéppel támogatott gyártástechnológiák alkalmazása során használnak.

Felbontás, rétegmagasság

A rétegmagasság az az érték, **amilyen vastag szeletekből a 3D nyomtatónk fel fogja építeni a tárgyat**. Az FDM nyomtatók esetében ez általában 0,1 mm és 0,3 mm között állítjuk, más technológiával akár 10 mikron is lehet. A felület simaságát, a rétegvonalak láthatóságát és a nyomtatási időt is befolyásolja. Minél alacsonyabbra vesszük, annál finomabb felületet kapunk, viszont annál hosszabb időbe is fog telni a nyomtatás.

Míg a rétegmagasság minimum értéke azt mutatja, hogy mennyire vékony rétegenként tudja Z irányba felépíteni a 3D nyomtatónk a tárgyat, addig a modell minőségét, felbontását legalább ilyen mértékben befolyásolja, hogy X/Y irányban mennyire tudja pontosan pozicionálni a nyomtatófejet.



Vázlatos minőség
300 mikron

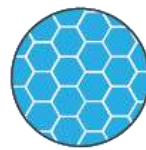


Közepes minőség
200 mikron

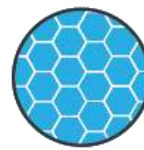


Magas minőség
100 mikron

FELBONTÁS



1 héj (shell)



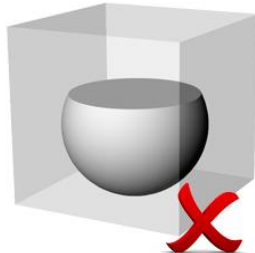
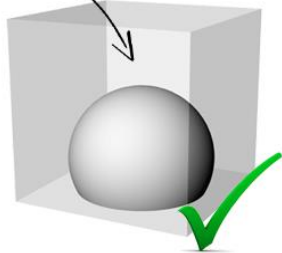
2 héj



6 héj

FALVASTAGSÁG

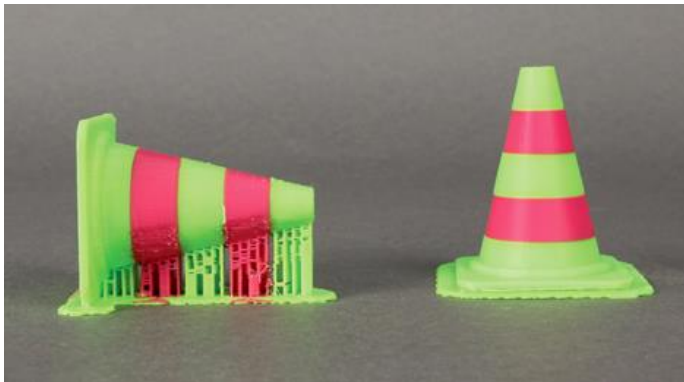
Sík felületről indított nyomtatás



Orientáció

A modellünk orientálása a nyomtatótérben a nyomtatás sikerességét, a rétegvonalak irányát, a nyomtatás közben a modellre ható feszültségeket, a modell ellenállóságát és a támaszanyag igényt is befolyásolja. **A technológiának megfelelő, helyes orientációval** alapanyagot spórolhatunk és szebb kivitelezésű, ellenállóbb tárgyakat hozhatunk létre.

3 FDM 3D nyomtatás esetén sík felületről érdemes indítani a feladatot

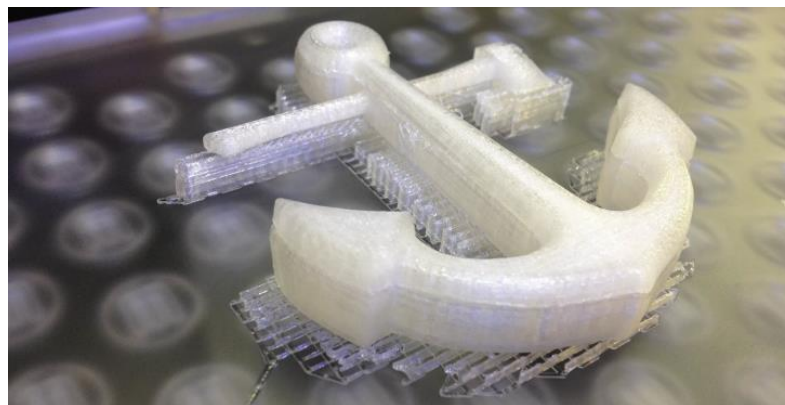


Támasztékok

Támasztékokra azért van szükség, mert **a levegőbe sajnos nem tudunk nyomtatni**. Bizonyos modelleken vannak hidak (bridge) vagy túlnyúlások (overhang), amelyek technológiától függően alátámasztást igényelhetnek. Egyfejes nyomtatók esetében ezek a támasztékok a modellanyagból, kétfejes 3D nyomtatók esetében pedig valamilyen másik, a modellanyagról később könnyen eltávolítható alapanyagból készülnek. Ami a kétfejes FDM nyomtatókat illeti, mint az Ultimaker 3, jó kombináció a PLA és a PVA, ahol a PVA vízzel leoldható a PLA modellről, vagy az ABS-HIPS kombináció, ahol a HIPS limonénben oldódik fel.

Raft (FDM)

A raft egy olyan segédszerkezet, amit kérésünkre az FDM 3D nyomtató a tálcára nyomtat, majd erre kezdi felépíteni a tárgyat. Nyomtatás után a kész modellről könnyen letörhető, míg nyomtatás közben azért felel, hogy **jó tapadást biztosítson** és ezzel megakadályozza a készülő alkatrész elmozdulását, valamint a négyzetes, lapos formáknál **a vetemedést is gátolja**.



Kitöltés (FDM)

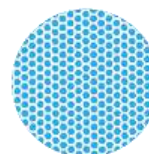
Az FDM 3D nyomtatás egyik nagy előnye, hogy **nem kell tömör modelleket nyomtatni**, amivel rengeteg időt és anyagot pazarolnánk. Mi állítjuk be a modell százalékos kitöltését, a nyomtató pedig a belső tereket ennek megfelelő sűrűségű méhrácsszerkezettel tölti fel. Általában elég a 10%-os kitöltés, aminek emelése akkor indokolt, ha várhatóan jelentősebb fizikai hatásoknak lesz kitéve az elkészült tárgy.



0% Kitöltés



10% Kitöltés



40% Kitöltés

KITÖLTÉS

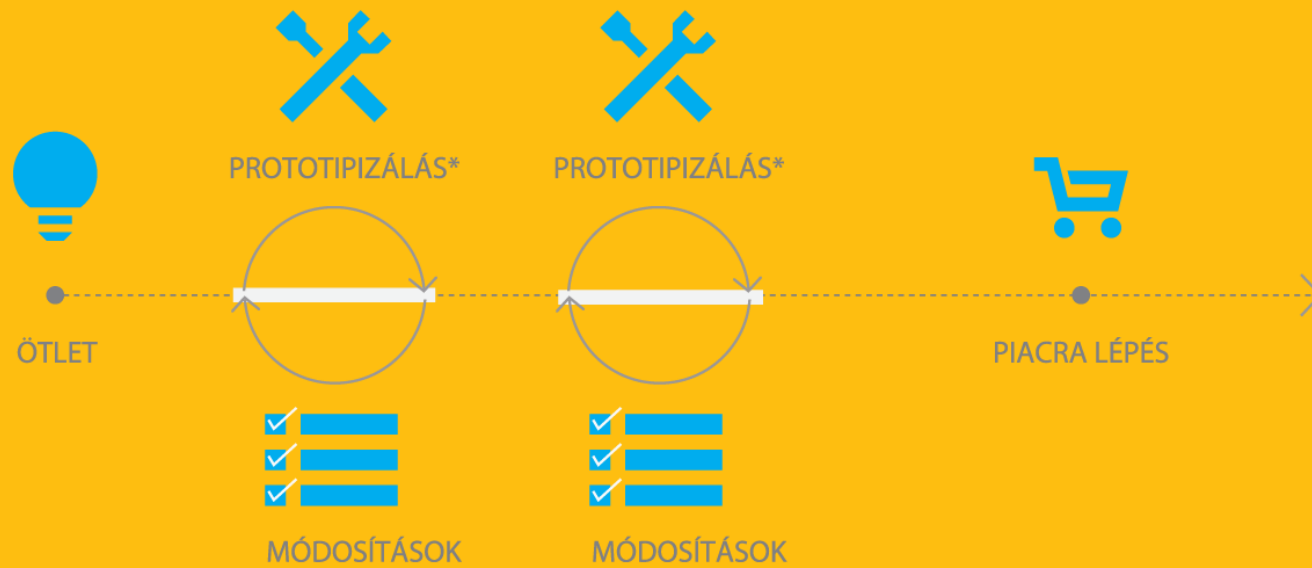
Népszerű szeletelő programok letöltési linkjei

Nyílt szeletelő programok:

- [Simplify3D](#)
- [Slic3r](#)
- [Repetier](#)

Gyártói, ingyenesen letölthető szeletelőprogramok:

- [MakerBot Print](#) – MakerBot gépek
- [Cura](#) – Ultimaker gépek
- [PreForm](#) – Formlabs gépek
- [CraftWare](#) – CraftUnique gépek



3D NYOMTATÁS GYAKORLATI PÉLDÁK

Ajtónyitó kar - funkcionális prototípus

technológia: FDM

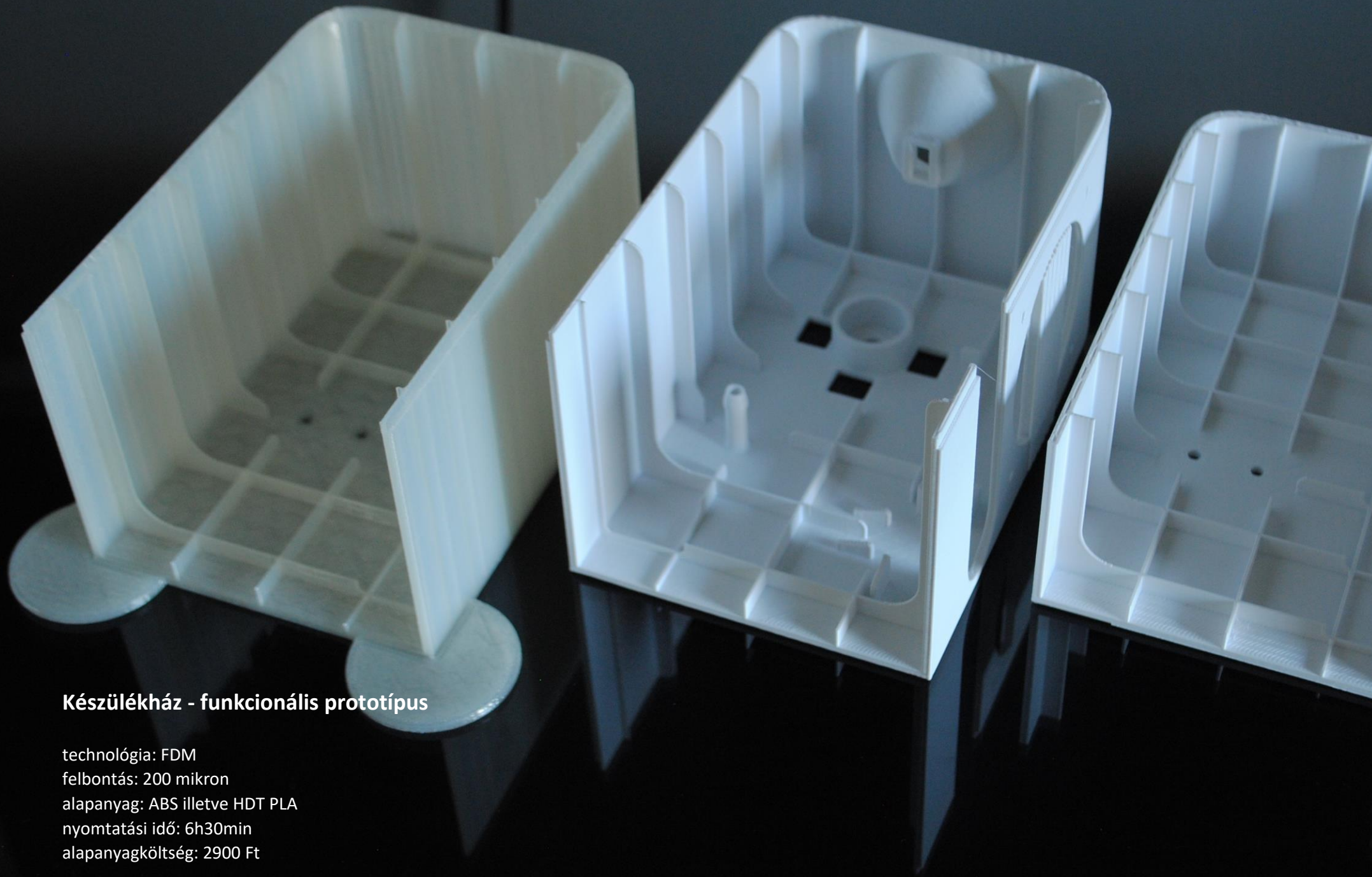
felbontás: 200 mikron

alapanyag: PETG

nyomtatási idő: 4h30min

alapanyagköltség: 1600 Ft





Készülékház - funkcionális prototípus

technológia: FDM

felbontás: 200 mikron

alapanyag: ABS illetve HDT PLA

nyomtatási idő: 6h30min

alapanyagköltség: 2900 Ft

Egyedi könyvborító - prototípus

technológia: FDM

felbontás: 200 mikron

alapanyag: PLA

nyomtatási idő: 17h30min

alapanyagköltség: 7600 Ft



Öntészeti minták - homoköntéshez

technológia: FDM

felbontás: 100 mikron

alapanyag: ABS illetve PLA

nyomtatási idő: 2h30min/db

alapanyagköltség: 600 Ft/db



Moduláris térelválasztó - funkcionális prototípus

technológia: FDM

felbontás: 200 mikron

alapanyag: PLA

nyomtatási idő: 14h30min/db

alapanyagköltség: 2600 Ft/db



Hajtócsavar - prototípus

technológia: FDM

felbontás: 100 mikron

alapanyag: PLA (PVA támasszal)

nyomtatási idő: 1h30min

alapanyagköltség: 600 Ft



Generatív ékszer - sterling silver

technológia: SLA (kiégethető minta)

+ viaszveszejtéses öntészet

felbontás: 25 mikron

alapanyag: Formlabs Castable resin

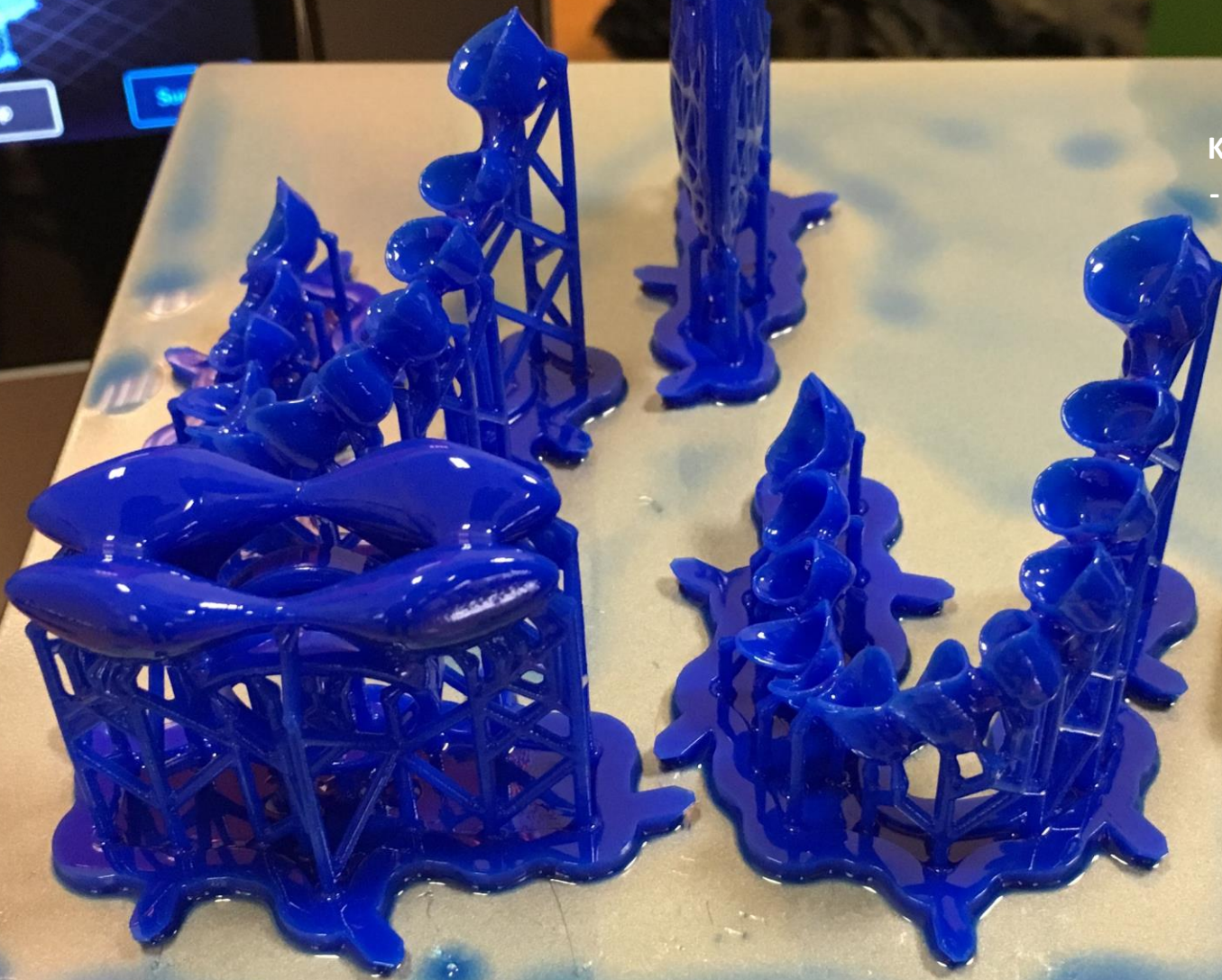
nyomtatási idő: 6h30min/db

alapanyagköltség: 950 Ft(resin) + 7500 Ft (ezüst)



Kiegészítő öntészeti minták
- viaszveszejtéses eljáráshoz

technológia: SLA
felbontás: 25 mikron
alapanyag: Formlabs Castable resin
nyomtatási idő: 11h20min
alapanyagköltség: 2500 Ft



Fogászati fúrósablon – végtermék

technológia: SLA

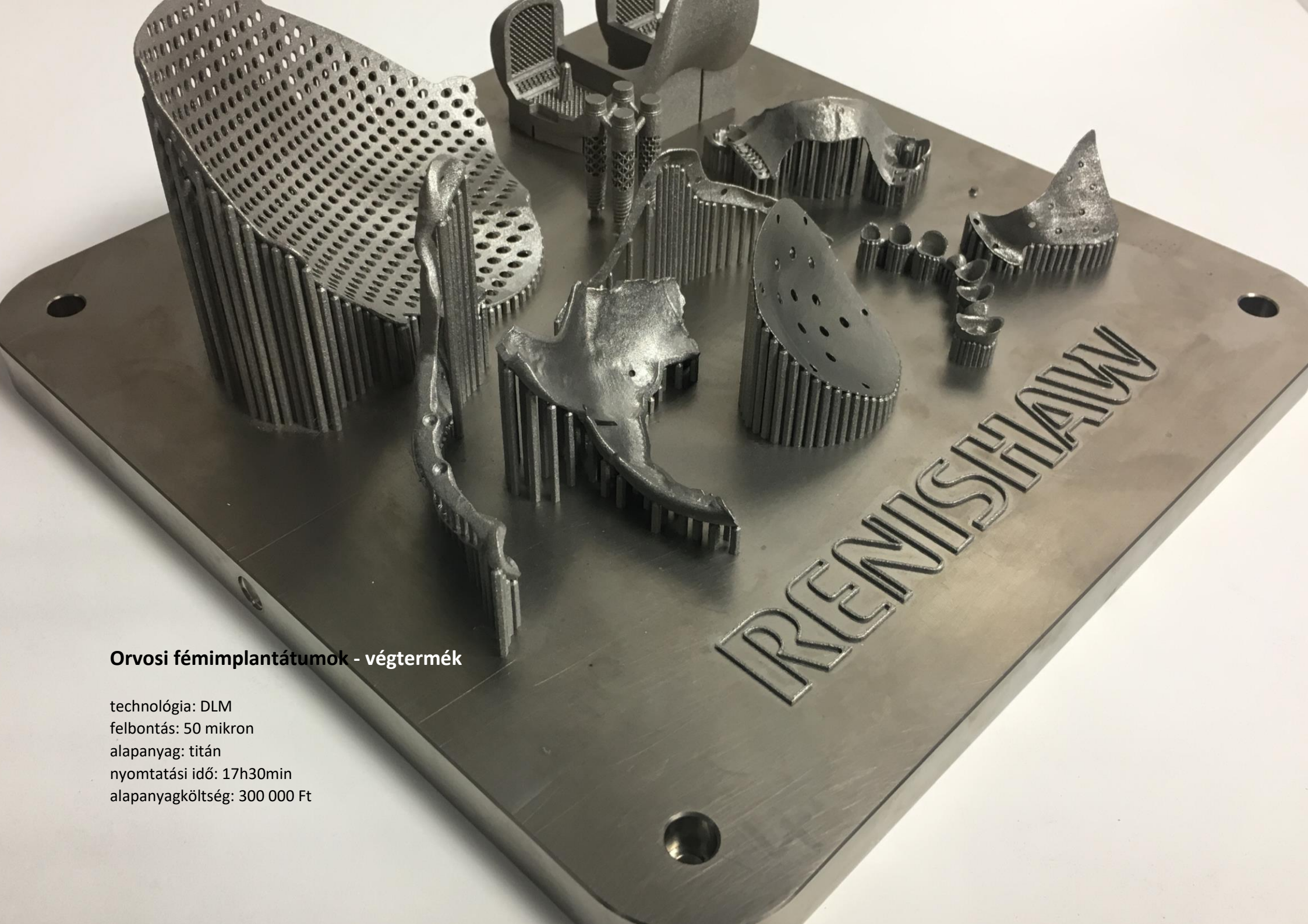
felbontás: 25 mikron

alapanyag: Formlabs Dental SG resin

nyomtatási idő: 2h30min/db

alapanyagköltség: 500 Ft/db





Orvosi fémimplantátumok - végtermék

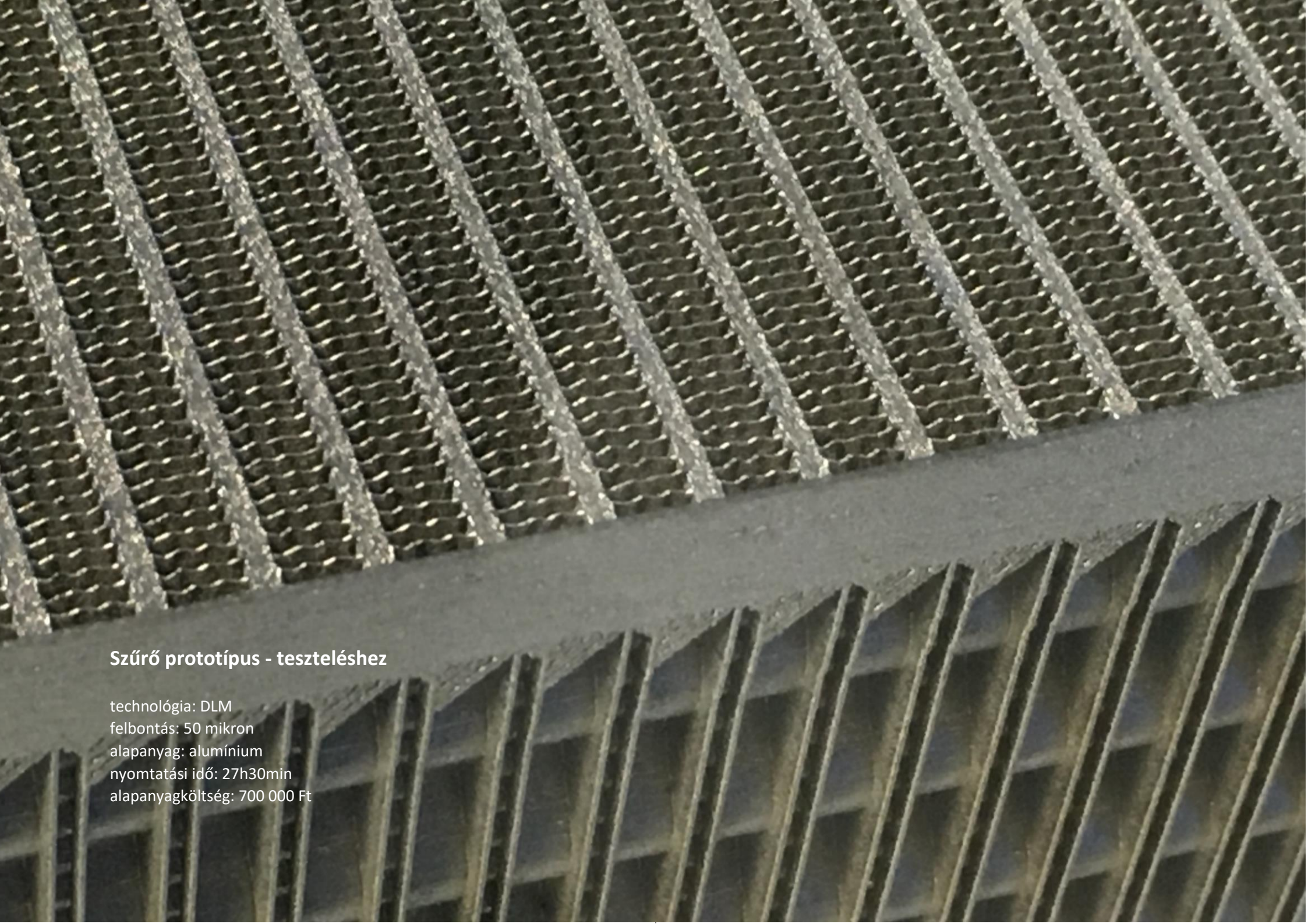
technológia: DLM

felbontás: 50 mikron

alapanyag: titán

nyomtatási idő: 17h30min

alapanyagköltség: 300 000 Ft



Szűrő prototípus - teszteléshez

technológia: DLM

felbontás: 50 mikron

alapanyag: alumínium

nyomtatási idő: 27h30min

alapanyagköltség: 700 000 Ft



Maradt még kérdésed?

Várunk a [3D Akadémia kurzusain!](#)

Elérhetőségeink:

info@freedee.hu

1088 Budapest, Szentkirályi utca 8.

www.freedee.hu

3dakademia.freedee.hu

shop.freedee.hu

3doodler.hu