

## FDM/FLM/FFF 3D NYOMTATÓK TÍPUSAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

**Csehi Bálint**

hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [cs.balint98@gmail.com](mailto:cs.balint98@gmail.com)

**Bihari Zoltán**

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [machbz@uni-miskolc.hu](mailto:machbz@uni-miskolc.hu)

### **Absztrakt**

*Ez a cikk az FDM/FLM/FFF technológiát használó 3D nyomtatók vázszerkezetét, extruder- és nyomtatófej-kialakításait vizsgálja. Összehasonlítjuk a különböző lehetőségeket, azt vizsgálva, hogy milyen hibalehetőségekkel kell számolnunk egy tetszőleges 3D nyomtatónál, annak vázától az egyéb mechanikai elemeivel bezárólag.*

**Kulcsszavak:** 3D nyomtató, FDM, FLM, FFF

### **Abstract**

*This article is about the design of framework, extruder and printer head of FDM/FLM/FFF-type 3D printers. We compare the different solutions, examining the possibly occurring errors, depending on the type of the framework and other mechanical parts.*

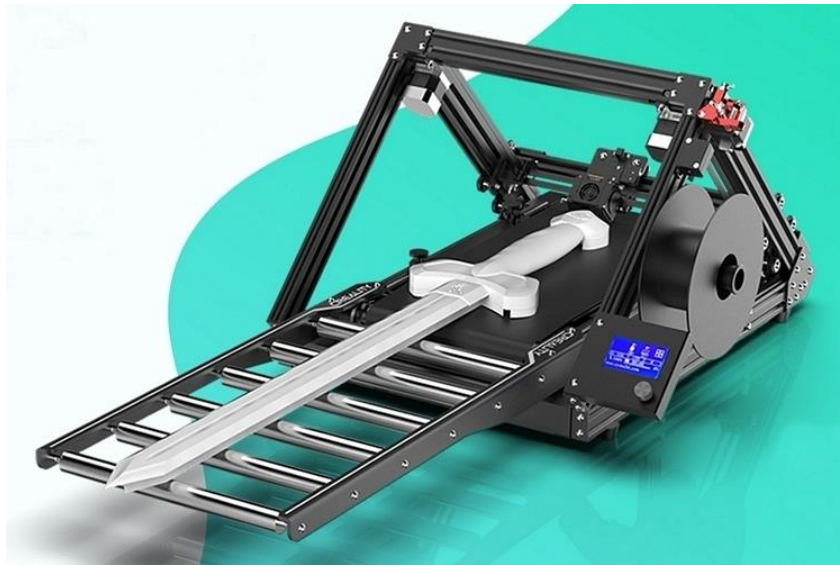
**Keywords:** 3D printer, FDM, FLM, FFF

### **1. Bevezetés**

Az FDM, FFF és FLM rövidítések lényegében ugyanazt a gyártástechnológiát jelölik, azonban az FDM a Stratasys cég által birtokolt, jogvédett elnevezés, így a többi gyártó nem használhatja. A mozaikszavak a Fused Deposition Modeling, a Fused Filament Fabrication és a Fused Layer Modeling kifejezések rövidítései, mindhárom kifejezést szálhúzásos rétegmodellezésként vagy rétegnyomtatásként lehet magyarra fordítani.

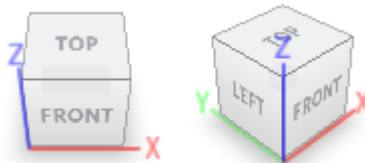
Az FDM 3D nyomtatók szerkezeti felépítése jelentős változatosságot mutat. A jelenleg kapható gépek jelentős része három tengelyes, Descartes-féle koordináta-rendszert használ. Ritkábban előfordulnak polárkoordináta-rendszerre épülő gépek is, azonban ezek nem túl gyakoriak. Kevés kivételt jelent pár ipari nyomtató, melyek 5 tengelyesek, illetve egy újszerű megoldást jelent a „conveyor belt printer”, ahol a tárgyasztal helyén egy végtelenített, futószalag-szerűen hajtott felületre nyomtatunk, a szalag felületéhez képest 45 fokos síkon mozgó nyomtatófejjel (1. ábra).

Az FDM nyomtatók és a hagyományos háromtengelyes CNC marók jelentős hasonlóságot mutatnak, nem véletlenül. Az első nyomtatókat CNC alapra készítették el, így ugyanazokat a léptetőmotorokat, orsókat, meghajtó áramköröket találjuk a nyomtatókban is. A nyomtatók által feldolgozott fájl kiterjesztése, a gcode kiterjesztés is megegyezik.



**1.ábra.** A Creality CR30 nyomtató, a „conveyor belt” típusú 3D nyomtatók egyik első képviselője

Ezeknél a gépeknél megegyezés szerint az X irány a szélesség, Y a mélység, és Z a magasság, így a továbbiakban az X, Y, Z tengely elnevezések ezekre az irányokra utalnak, ahogy a 2. ábra is mutatja.

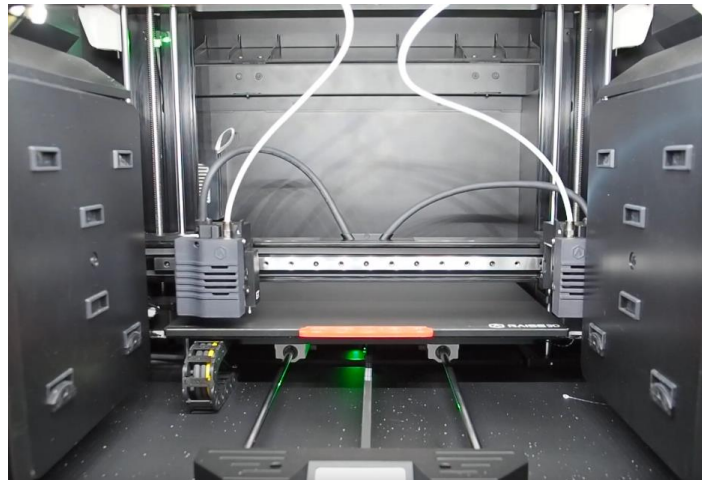


**2.ábra.** A derékszögű koordinátarendszert használó 3D nyomtatók pozitív tengelyirányai

## 2. A Cartesian-típusú nyomtatók

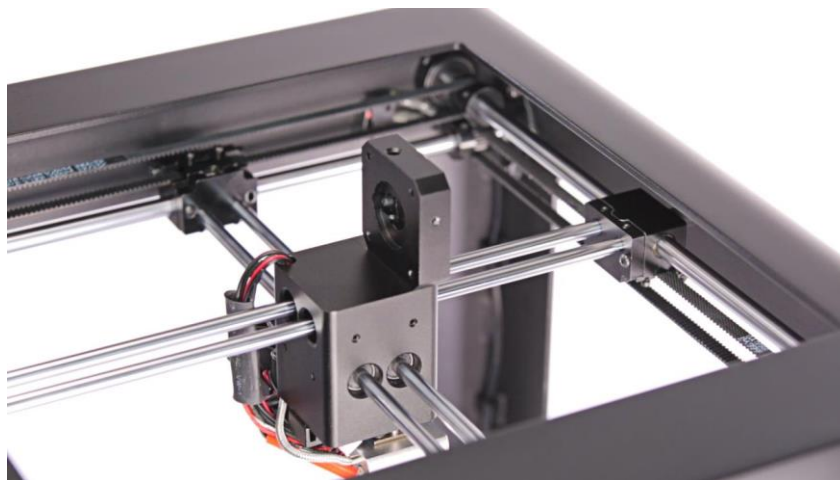
A leginkább elterjedt szerkezeti felépítés a koordináta-rendszer után egyszerűen cartesiannak nevezett váz típus. Ezen belül három változatot különböztetünk meg, attól függően, hogy a különböző tengelyeken való elmozdulást hogyan érik el. Az X tengelyen minden esetben a nyomtatófejet mozgatják. Kisebb, általában 200·200·200 mm munkatér alatti gépeknél, illetve hobbikategóriás nyomtatóknál gyakori megoldás, hogy a tárgyasztal mozog az Y tengely mentén, függőleges irányban pedig valamilyen orsó segítségével az X tengelyt emelik. Mivel ez a konstrukció a hobbinyomtatók körében általánosnak számít, egy ipari nyomtatót érdemes használni szemléltetésnek, ez pedig a Raise3D E2.,

Ennek a típusú cartesian nyomtatónak a hátránya a tárgyasztal vízszintes irányú mozgásában rejlik. Ez lényegesen nagyobb mozgó tömeget jelent, ami a nyomtatás időbeli előre haladásával tovább nő. Ez főleg az irányváltáskor fellépő erők szempontjából jelent problémát, hiszen a nagy tömegű mozgó alkatrészek nagyobb tehetetlenséget jelentenek, ez pedig szellemkép-szerű nyomokat hagyhat a nyomtatáson. A nagy mozgó tömeg, illetve a léptetőmotorok és vezérlők korlátozott terhelhetősége miatt a maximális nyomtatási sebesség is limitált, általában 80-100 mm/s a maximum, amit a felületi minőség romlása nélkül el lehet érni.



**3. ábra.** Raise3D E2 belseje

300·300·300 mm munkatér fölött általában a tárgyasztalt mozgatják a Z tengely mentén, a nyomtatófej pedig X és Y irányba mozog. Ez kivitelezhető akár egyesített X-Y tengelyekkel, mint a legtöbb ipari nyomtatónál, például a Zortrax M200, M300, vagy a Raise3D Pro2. Ebben a konstrukcióban az X és Y irányú mozgáshoz ugyanakkora erőre van szükség. A másik megoldás, hogy az Y irányú mozgást az X tengely mozgásával érjük el. Ezt a konstrukciót használja a BQ Witbox, illetve a Craftbot nyomtatóinak többsége.



**4. ábra.** Zortrax M200 X és Y tengelyei. A nyomtatófej direkt extruderes, azonban a képen csak az extruder mechanika látható, a léptetőmotor nincs még felszerelve [3]

A harmadik lehetőség, amely főleg a nagy, 400·400·400 mm munkatérű, vagy nagyobb nyomtatókra jellemző, hogy a tárgyasztal semmilyen irányba nem mozog, és az X-Y tengelyeket tartó keretet mozgatják Z irányba is. Ez a két utóbbi megoldás komolyabb vázat igényel, így hobbinymtatóknál nem gyakori konstrukció, azonban az ipari használatra szánt nyomtatóknál sokkal több előnnyel jár.

Általánosságban elmondható mindhárom változatról, hogy kis processzorigényű a vezérlésük, hiszen a gcode fájlból kiolvasott koordinátákat egyszerű műveletekkel át lehet alakítani lépésszámmá, nincs szükség lebegőpontos számításokra. Egyformán a hátrányuk ugyanakkor, hogy nagy méretű, nehéz vázat igényelnek, valamint viszonylag sok a lineáris technika bennük, ez pedig jelentős mértékben növelheti a gépek árát, szemben például a Delta-típusú nyomtatók vázával.

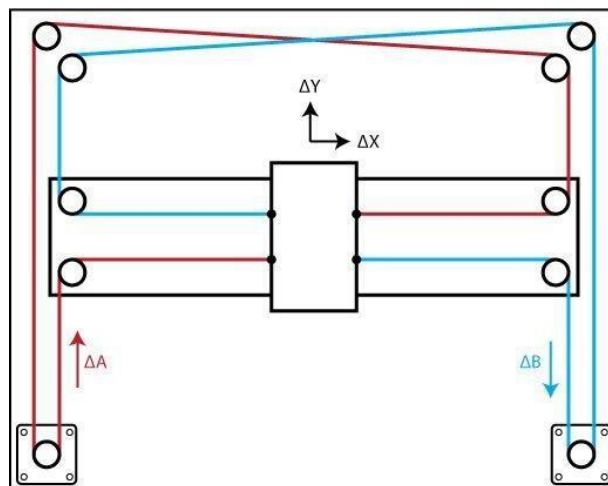
### 3. Core-típusú 3D nyomtatók

Attól függően, hogy melyik tengelyeket vonjuk össze, megkülönböztetünk core-XY, core-XZ és core-YZ konfigurációkat. Mivel a core-elrendezés egy tengelyen való elmozdulás esetén két motor összehangolt mozgását igényli, a gyakorlatban csak a core-XY konstrukció terjedt el. Ennek oka egyszerű, a Z tengely mozgatására lényegesen kevesebb szer, és kisebb mértékben van szükség, mint az X és Y tengelyek esetében. A coreXY lényege, hogy a klasszikus X és Y tengely helyett A és B jelzésű, a vázhoz fixen rögzített motorokat találunk, a nyomtatófejet kizárólag az 5. ábrán pirossal és kézzel jelölt nyomvonalon vezetett bordásszíjak mozgatják. Így a derékszögű koordinátarendszerben végzett X, Y irányú mozgást az alábbi módon írhatjuk át:

$$\Delta A = \sqrt{2} \cdot (\Delta X + \Delta Y) \quad (1)$$

$$\Delta B = \sqrt{2} \cdot (-\Delta X + \Delta Y) \quad (2)$$

Ezek a műveletek a négyzetgyök miatt lebegőpontos számítást igényelnek, így processzorigényük nagyobb. Ez a konstrukció nem is igazán terjedt el a 3D nyomtatók körében, a kevés kivétel közé tartozik a Makerbot Hypercube Evolution, Two Trees Sapphire Pro és Tronxy X5SA.



5. ábra. Core-XY típusú 3D nyomtató X és Y tengelyeinek elrendezését szemléltető szemléltető sematikus ábra

Az említett típusok azonban mind hobbikategóriás gépek, ipari használatra szánt nyomtatók között nem nagyon terjedt el a típus. Bár előnyének tartják, hogy a motorok nem képezik a mozgatott tömeg részét, illetve megszüntetik a mozgó tengelyre ható csavaró erőket, azonban a hosszú bordásszíjak nagyobb mértékben képesek megnyúlni, így ez a nagyobb processzor-igény mellett egy újabb gyenge pontja a konstrukciónak.

#### 4. Delta-típusú 3D nyomtatók

Az eddigi, kocka vagy téglatest alakú munkaterű gépekkel szemben ez egy merőben eltérő konstrukció. Munkatere egy hengerből és egy kúpából álló testtel jellemezhető, ahogyan a 6. ábrán ez látható. A delta-nyomtatók váza három függőleges tengelyből áll, a három mozgó kocsi között merev rúddal felfüggesztve találjuk a nyomtatófejet. Az eddigiekkel ellentétben a függőlegesen elmozduló kocsikat nem orsóval, hanem bordásszíj segítségével hajtják.

Előnyük, hogy a munkadarab teljesen mozdulatlan, semmilyen irányú elmozdulást nem végez, így szintén jelentős gyorsulásra és sebességre képesek. A nyomtatófej, mivel gömbcsuklós végű, merev pálcákkal kerül felfüggesztésre, szintén nagyobb gyorsulásra képes, mint az eddig ismertetett típusok.

Hátrányuk, hogy terjedelmes vázat igényelnek, illetve a klasszikus, 8 bites processzorokkal már nem képesek kielégítően együttműködni, így szintén a komolyabb számítási kapacitásra képes, 32 bites processzorokra van szükség a pontos működésükhöz.

Ilyen típusú nyomtató például az Anycubic Kossel termékcsalád, mely a 6. ábrán is látható. Jól látható a típus másik hátránya: A nyomtatófej felfüggesztése miatt a gép térfogatának jelentős része kihasználatlan marad.



6.ábra. Anycubic Kossel Plus, egy Delta-típusú 3D nyomtató

## 5. Összegzés

A három leggyakoribb típust összehasonlítva, azt állapíthatjuk meg, hogy a legegyszerűbb, leginkább előnyös váz a cartesian típusú, annak is az a két változata, ahol a tárgyasztal függőlegesen, vagy semmilyen irányba nem mozog. Itt viszonylag kis méretű a mozgó tömeg, nincsenek feleslegesen hosszú bordásszíjak, illetve nem igényel jelentős processzorteljesítményt a tengelyek vezérlése. További előnye ennek a konstrukciónak, hogy a másik két említett típussal ellentétben lehetővé teszi a független kettős extruder-nyomtatófej, azaz az IDEX konstrukció használatát. Az IDEX fejjel szerelt nyomtatók képesek egyszerre két munkadarabon is dolgozni, ezzel jelentősen növelve a gép produktívását. Előnyük még, hogy egyszerű, könnyen burkolhatóak, ami sok, iparban használt alapanyag nyomtatásának elengedhetetlen feltétele.

Az FDM típusú 3D-nyomtatók váza azonban olyan nagy változatosságot mutat, hogy egy ilyen rövid írásban nincs lehetőség alaposan bemutatni az összes variációt, és azok minden előnyét és hátrányát.

## 6. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Irodalom

- [1] Finnes, T.: *High definition 3D printing – Comparing SLA and FDM printing technologies*, The Journal of Undergraduate Research: Vol. 13, Article 3., (2015) South Dakota, USA
- [2] Karbantartási útmutató Zortrax M200/M200 Plus típusú 3D nyomtatókhöz, 2019.
- [3] Torta, S., Torta, J.: *3D Printing - An introduction*, Mercury Learning and Information Kiadó, Boston, USA, 2019.