

# Logisztikai fejlesztések a Bio-Textima Kft. cégnél és a 3D nyomtatás kapcsolódása a textiliparhoz az ENTeR projekt keretében

**Keringer Klaudia**  
projektmenedzser, PBN  
klaudia.keringer@pbn.hu

## Bevezetés

A Pannon Gazdasági Hálózat (PBN) 2006. évi alapítása óta aktívan tevékenykedik a vállalkozások versenyképességének növelésén, az alábbi célok mentén:

- valós, kézzel fogható eredmények elérése Nyugat-Magyarország gazdasági és társadalmi fejlődésében, munkahely- és értékteremtés,

- hazai és nemzetközi partnerség építése,
- a helyi tudásbázis erősítése és megtartása,
- a munkaerő-piaci problémák orvoslása,
- a társadalmi egyenlőtlenség csökkentése, képzési és fejlesztési projektek megvalósításával.

A szervezet több, mint 70 nemzetközi fejlesztési projektben vett részt és nemzetközi kapcsolatrendszere révén sikeres kapcsolati hálót, együttműködéseket épített ki külföldi digitális innovációs központokkal. Több mint egy évtizedes múltjának köszönhetően a PBN 2018-ban **am-LAB** néven létrehozta kutató-fejlesztő divízióját, amely Magyarország első és a nyugat-dunántúli régióban egyetlen, az Európa Bizottság által is elismert digitális innovációs központja (az angol betűszóval élve: *DIH – Digital Innovation Hub*). Az am-LAB, a digitális technológiák laboratóriuma, a PBN csoporthoz tartozó spin-off-ként több projektben is eredményesen bizonyított már. A közép-európai régió egyik meghatározó digitális innovációs központjaként rendelkezésre áll a terület számos technológiája, szaktudása, így az ENTeR projekt 8. pilot tevékenységében is kétségtelenül oroszlánrészt tudott vállalni.

A *DIH* a következő referencia adatokkal rendelkezik:

- 10 moduláris digitalizációs tananyag fejlesztése,
- több mint 200 vállalkozó nemzetközi képzése 2019-ben,
- 200 fős nemzetközi, a mesterséges intelligenciával foglalkozó konferencia szervezése,
- a Mesterséges Intelligencia KKV Munkacsoport koordinálása Duna Régióban,
- 150 gyártó vállalkozás komplex fejlesztése 2019-ben.

## Az ENTeR projekt



*Az ENTeR projekt fő célja a hulladék csökkentése és a nem megújuló erőforrások kimerülésének megakadályozása a textiliparban.* A projekt

magas prioritású fókuszai közé tartozik a közép-európai textilipar, a textilgyártók innovációs képességeinek javítása, kiemeli a térség textilipari ágazatának szükségletét egy szorosabb együttműködésre a hulladékgazdálkodás és a körforgásos gazdaság területén.

A projekt partnersége öt közép-európai országból állt össze.

- Olaszország,
- Csehország,

- Lengyelország,
- Magyarország,
- Németország.

Mind az öt ország jelen van textiliparban és nemzeti textilplatformmal rendelkezik. Mint említettük, a program keretén belül a kooperáció felgyorsítása és az innovatív eszközök használatának elősegítése kiemelt terület, erre egy úgynevezett „Virtuális Platformot” használ a partnerség. A Virtuális Platform célja, hogy a közép-európai régióból minél több textilipari és az iparághoz kapcsolódó cég regisztráljon, és egy úgynevezett „match-making” folyamatnak köszönhetően, a másik gyártó által feleslegesnek bélyegzett hulladékot esetlegesen saját vagy karitatív, illetve kutatási célokra felhasználhassa. Ezáltal a projekt bizonyítottan nem csak a hulladékcsökkenés területén szerez sikeres tapasztalatokat, de támogatja az európai textilipari együttműködést is.

A hét alprojekt megvalósításai 2018 nyarán kezdődtek meg.

A PBN első esettanulmányának célja: egy kiválasztott, nagy múlttal rendelkező, ígéretes cég (Bio-Textima Kft.) hulladékgazdálkodási rendszerét részletesebben átvilágítani, megoldási opciókat kínálni a logisztikai problémákra a modern technológia segítségével.

## Esettanulmányok

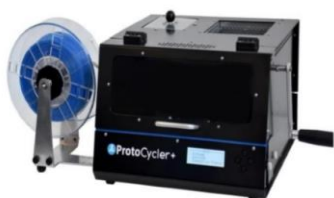
A hét alprojektnek köszönhetően az ENTeR projekt keretében a nemzetközi partnerség megkezdte a termelési folyamatok áttekintését és elemzését, valamint a másodlagos nyersanyagok felhasználását, hogy így közvetett módon tudjon hozzájárulni a hatékonyabb termelés érdekében az ipari hulladék csökkentéséhez.

A PBN további célja az volt, hogy egyedi, innovatív nézőpont alapján is érdemes megvizsgálni, hogyan lehet a projekt még sikeresebb és innovatívabb.

A mai világban nélkülözhetetlen szerepe van a legmodernebb technikáknak, így például a 3D nyomtatásnak is. A textiliparban már történtek erőfeszítések ezen technológiának az eredményes bevezetésével. Az ENTeR egyik résztvevő képességét képező tanulmány a „3D nyomtatás a textiliparban” címet kapta, és az összes, a projekt által kiemelt prioritással kezelt területet érinti. Nem csupán kutatási eredményeket igyekszik összefoglalni, hanem több, helyi szereplőt is bevont ebbe a kísérletbe. Lehetőséget biztosított a legújabb és legmodernebb technikák megismerésére, a textiliára nyomtatott, 3D nyomtatók által előállított mintákat a térségben elsősorban történő tesztelésére, ezzel is segítve az ENTeR projekt szakmai előre lépését, és a konzorcium tudását.

## Háttérelmézések, kutatómunkák

A 3D nyomtatás ma már közismert és széles körben nagy népszerűségnek örvendő, akár otthoni környezetben is alkalmazható, prototípus- vagy kisszériás



Ledarált műanyag granulátumból 3D nyomtatásra alkalmas fialmentszál előállítására képes kézi eszköz

nyomatott, nagy pontosságú és rendkívül változatos geometriájú alkatrészeket állítanak elő ezzel az eljárással, amelyek természetesen a prototípus teszteleseken felül akár az üzemi körülmények között is megállják a helyüket.

A 3D nyomtatás technológiai fejlődésének gyorsasága kivételes, az elmúlt évtizedben vagy akár csak az elmúlt néhány évben e téren elért eredmények is figyelemre méltóak. Sok elemző szemében már nem is az a kérdés, hogy a 3D nyomtatásé lesz-e a jövő több ipari területén, ahol anyagmegmunkálással foglalkoznak, hanem az, hogy mikor következik be a jelenlegi technológiák „trónfosztása”. Természetesen itt még nem tartunk és hosszú az út idáig. Jelenleg szériagyártás esetében magasabb költségű 3D nyomtatni, mint például CNC megmunkálást alkalmazni. Viszont sok esetben már költséghatékonyabb ez a technológia az ipari megfelelőknél. Jó példa erre a kisszériás műanyagnyomtatás. Itt geometriától függően akár több ezer darabos példányszám kinyomtatása is olcsóbbnak bizonyulhat, mint egy fröccsöntő szerszám elkészítése.

Nagy előny továbbá, hogy a hagyományos megmunkálási technológiákkal ellentétben az additív gyártási technológiák során viszonylag kis mennyiségű hulladék keletkezik és hogy már ezen kis mennyiségű hulladék 3D nyomtatásban való felhasználására, visszaforgatására is léteznek különféle elgondolások, létező kísérleti megoldások.

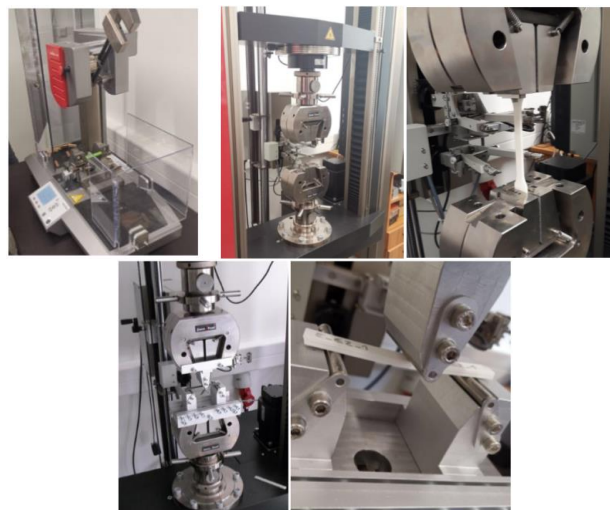
Tekintve továbbá, hogy a 3D nyomtatás mára széles körben hozzáférhetővé vált, hatalmas felhasználói és fejlesztői közösség alakult ki, amelynek tagjai az online térben folyamatosan megosztják egymással tapasztalataikat, fejlesztési javaslataikat. A fórumos megbeszéléseken túl több honlap is alakult, amelyeken mások által létrehozott modellek hozzáférhetőek, beszerezhetőek, vagy akár sok esetben ingyenesen letölthetőek. Ez pedig nagy lökést tud adni egy, a 3D nyomtatás területén kezdőnek

A fenti tendencia ad teret a műanyagok újrahasznosításának egy újabb szintjén. A nem ipari célú, háztartásokban történő 3D nyomtatás szintén egyértelmű teret lehet az újrahasznosított műanyagoknak. E kérdés körüli alaposabb körülményeinek, textilipari vonatkozásainak megvizsgálása motiválta tevékenységünket az ENTer projekt keretében.

Az általunk hozzáférhető szakirodalom áttanulmányozása során arra a végkövetkeztetésre jutottunk, hogy a 3D nyomtatásra alkalmas műanyagokból előállítható termékek mechanikai tulajdonságai már jól ismertek, illetve ezeket a paramétereket azonos anyagokkal történő fröccsöntött mintákkal már számos vizsgálat során összevetették. Viszont nem találtunk arra vonatkozólag vizsgálatokat, hogy az egyes műanyag típusok mechanikai tulajdonságai hogyan módosulnak, ha bizonyos mértékben újrahasznosított alapanyagokat tartalmaznak. Ez gyártói szemmel kevésbé tűnik relevánsnak, hiszen például fröccsöntés során, ha a regranulátum mennyiségét növelik a folyamatban, a gyártott termék optikai tulajdonságai romlanak. Ezzel szemben a 3D nyomtatás

technológiája – főként otthoni felhasználás során – elviseli a kisebb szépséghibákat, a mechanikai paraméterekben mért alacsonyabb értékeket, hiszen a 3D nyomtatott termékek többnyire nem szembesülnek nagy mechanikai igénybevételekkel és fokozott esztétikai elvárásokkal. Ezért is oly igéretes ez a terület a műanyag-újrahasznosításban, sok kreatív és hasznos, hosszútávú eszköz készülhet a ledarált régi alkatrészekből.

Vizsgálataink során az am-LAB-ban rendelkezésre álló 3 db különböző gyártmányú 3D nyomtatón készítetünk összesen 504 db tesztmintát, amelyekből 216 db-ot Charpy-féle impakt teszten, 216 db-ot szakítóteszten, míg 72 db 3-pontos hajlítóteszt során vizsgáltunk az ELTE Savaria Egyetemi Központjának mechanikai laboratóriumában (ELTE SEK). A 3D nyomtatott minták töréssel szembeni szívósságát egy Zwick/Roell HIT 5P típusú, szabványos Charpy-féle ütőművön, 5 J-os kalapács mellett, míg a rugalmassági modulusz, a hajlító modulusz és a szakítószilárdság értékeit egy Zwick/Roell Z100 típusú szakítógéppel vizsgáltuk. A 3D nyomtatott próbatestek geometriáit az impakt tesztekhez az MSZ EN ISO 179-1/1eA szabványnak, a szakítótesztek esetében az MSZ EN ISO 20753:2014 szabványnak, míg a 3-pontos hajlítóvizsgálatok estén az MSZ EN ISO 178A szabványnak megfelelően végeztük.



Az ELTE SEK mechanikai laboratóriumában használt tesztelő eszközök és a megfelelő minták felfogatása

A próbatesteket 3 különböző gyártmányú, FDM típusú 3D nyomtatóval, 3 különböző alapanyagból állítottuk elő. Alapanyagul a 3D nyomtatásban elterjedt PLA-t (politejsav) választottuk. Ez a műanyag ugyan megújuló alapanyagból (kukoricakeményítőből) nyerhető, mégis – a közhiedelemmel ellenétben – nem önmagától lebomló

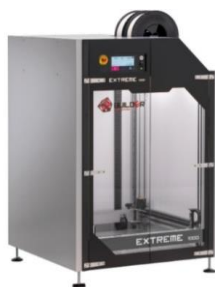


Polókra került logók előállítási módja 3D nyomtatóban, illetve ruhaneműre történő felvitele



I. táblázat. A használt 3D nyomtatók főbb paramétereit és a tesztanyagok előállításának helyszíne a szombathelyi am-LAB-ban

EXTREME BUILDER 1000	
Nyomtatótér (X,Y,Z)	700x700x820
Nyomatási sebesség	10 – 120 mm/s
Fűvóka átmérő	0,4/0,8/1,2 mm
Fűtött asztal hőmérséklete	20 – 60 °C
Extruder	Dual-Feed cserélhető extruder
Filament átmérő	1,75 mm
Csatlakozási lehetőség	SD kártya, Wifi
Ajánlott szelvetelő szoftverek	Cura, Simplify 3D
Felhasználható alapanyagok	PLA, Woodfill, PVA, Bronzefill, PRO1, PET



Ultimaker 3 Extended	
Nyomtatótér (X,Y,Z)	215x215x300
Nyomatási sebesség	30 – 300 mm/s
Fűvóka átmérő	0,4 mm
Fűtött asztal hőmérséklete	20 – 100 °C
Extruder	Kétféjes, könnyen cserélhető extruder
Filament átmérő	2,85 mm
Csatlakozási lehetőség	USB port, Wifi
Ajánlott szelvetelő szoftverek	Cura
Felhasználható alapanyagok	PLA, PVA, ABS, CPE, NYLON



Ultimaker 3 Extended	
Nyomtatótér (X,Y,Z)	215x215x300
Nyomatási sebesség	30 – 300 mm/s
Fűvóka átmérő	0,4 mm
Fűtött asztal hőmérséklete	20 – 100 °C
Extruder	Kétféjes, könnyen cserélhető extruder
Filament átmérő	2,85 mm
Csatlakozási lehetőség	USB port, Wifi
Ajánlott szelvetelő szoftverek	Cura
Felhasználható alapanyagok	PLA, PVA, ABS, CPE, NYLON



műanyagról van szó, ehhez speciális körülmények, baktériumok szükségeltetnének, amelyek a legtöbb hulladéktelepen nem állnak rendelkezésre. A vizsgált PLA alapanyagok rendre, újrahasznosított műanyagot nem tartalmazó (originál), részben (max. 90%-ban) újrahasznosított műanyagot tartalmazó, illetve 100%-ban újrahasznosított műanyagból készültek.

A különböző 3D nyomtatók ki próbálását az indokolta, hogy az eltérő nyomtató geometriák és gyártó-specifikus, a 3D fájlokat nyomtatható G-code sorozattá átalakító Slicer-programok eltérő beállításokhoz vezetnek.

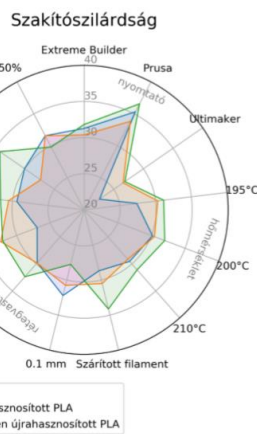
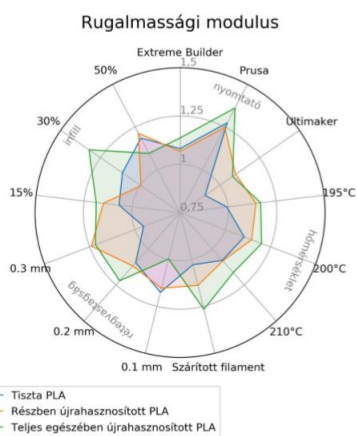
Az általunk használt eszközök főbb paramétereit az I. táblázatban láthatók.

A próbatesteket különböző nyomtatási rétegvastagságok, kitöltöttségi (infill) százalékok, nyomtatási hőmérsékletek mellett és az alapanyagot kiszárítva vagy kiszárítás nélkül felhasználva készítettük el.

A mechanikai tesztek végeztével azt a meglepő és kiindulási hipotézisünket részben cáfoló eredményre jutottunk, hogy az újrahasznosított műanyag mennyiségének növekedésével a 3D nyomtatott minták nem minden esetben szolgáltatnak rosszabb eredményt, mint az eredeti, gyári filamentekből nyomtatott próbatestek. Kimutatható volt ugyan, hogy a 3D nyomtató megválasztása is komoly hatással lehet a mechanikai paraméterekre, de a vizsgált nyomtatási paraméterek függvényében is szignifikáns eltéréseket tapasztaltunk.

Konklúzióként megállapítható, hogy van létjogosultsága az újrahasznosított műanyagból készített filamentek 3D nyomtatásban való alkalmazásának. Sem mechanikai tulajdonságaiban, sem a nyomtatott próbatestek optikai megjelenésében, sem az alapanyag költségében nem tapasztaltunk kiugró különbségeket a gyári filamentből készült próbatestekkel összehasonlítva. A hétköznapi 3D nyomtatásban véleményünk szerint abszolút alkalmazhatóvá teheti ezeket az alapanyagokat.

Miután meggyőződünk az újrahasznosított műanyagok 3D nyomtatásban való felhasználhatóságáról, kísérletet tettünk az általunk beszerzett, 100%-ban újrahasznosított PLA alapanyagból 3D nyomtatott logók textíliákra való rávasalására és azon ruhadarabok valós élethelyzetben való tesztelésére.



Néhány fontosabb mechanikai mérőszám egyes paramétereiktől való függése a filament újrahasznosított alapanyag tartalmának függvényében radar diagrammon

## Tesztelés

Egy helyi fitness edzőterem és óvoda szolgált a tesztek helyszínéül, ahol a tesztalanyok egyszeri használat majd mosás után visszaszolgáltatták a 3D eljárással készült logókkal ellátott ruhákat. Az előzetes eredmények során megállapítottuk, hogy az egyetlen egy rétegben nyomtatott, teljesen egyedi logók, mintázatok könnyedén felvasalhatóak bárki által egy hagyományos pólóra, viseletük nem okoz kényelmetlenséget, viszont a mosás során a mintázatok sokszor megtörtek és részben akár le is váltak a pólókról.

A fenntartható eredmény érdekében a „logóvasalás” műveletét optimalizálni (vasalási hőmérséklet, sebesség, a ruhadarab felületi minőségének megválasztás stb.) szükséges, esetleg a ruhaneműtől függő mosási körülményeket megvizsgálni, amelyek hozzájárulhatnak a 3D nyomtatott logók hosszabb élettartamához a viselet során. A sok nyitott kérdés mellett azonban fontos megemlíteni a 3D nyomtatott logók, feliratok stb. ruhákon való megjelenítésében rejlő lehetőségeket is. Ezek pedig a következők:

- aki nyitott a 3D nyomtatásra, az rendkívül sokat tud tanulni (sok nyitott forráskódú – open-source – szoftver, online közösségek, műanyagok tulajdonságainak megismerése, 3D modellezési ismeretek), ami életkortól függetlenül hozzájárul a „digitális érettség” növeléséhez;
- aki 3D eljárással nyomtat, az alkot és teremt (teljesen egyedi, saját magunk által megálmodott és létrehozott modelleket valósítunk meg a gyakorlatban, akár a saját hálószobánk íróasztalán);
- aki újrahasznosított műanyagból készít 3D eljárással nyomtatott terméket, az új értéket és értelmet tud

adni a regranulált hulladéknak;

- aki egyedi márkára vágyik, az teljesen egyedi, kreatív mintákkal tudja megunt ruháit felfrissíteni, ami akár táskák, sapkák, stb. is hasonló elven megvalósítható.

Ez a fajta kreatív, ugyanakkor környezettudatos alkotás nem csak a divatiparban, hanem az otthoni térben is szerepet kaphat. Így az egyre többször hallott ipari megoldások mellett – egyedi tömeggyártásban készülő, 3D eljárással nyomtatott cipők, ruhaneműk – a magunk kiteljesedését is tudja segíteni. fenntartható módon.

\* \* \*

### A projekt végrehajtásában közreműködő személyek:

Dr. Barta Balázs ügyvezető igazgató (PBN és am-LAB)  
 Keringer Klaudia ENTeR projekt projektmenedzser (PBN)  
 Éva Doroti ENTeR projekt, projektasszisztens (PBN)  
 Kovács Bence ENTeR projekt, projektasszisztens (PBN)  
 Horváth Teodóra marketingmenedzser (am-LAB)  
 Bakó Evelyn minőségirányítási menedzser (am-LAB)  
 Tolner Ferenc termelési és innovációs menedzser (am-LAB)  
 Mátyás Péter innovációs menedzser (am-LAB)  
 Haraszi Patrik robotikai technikus (am-LAB)  
 Váthy Balázs robotikai technikus (am-LAB)

*Az ENTeR projekt keretében 3D nyomtatási technológiával előállított mintázattal nyomott pólók*

