

Daruka Norbert,<sup>1</sup>  Dénes Kálmán,<sup>2</sup>  Ember István,<sup>3</sup>   
Kovács Zoltán,<sup>4</sup>  Vég Róbert<sup>5</sup> 

# A 3D-nyomtatási technológia oktatásának lehetőségei és feltételei a műszakitiszt-képzésben<sup>6</sup>

## The Possibilities and Requirements of Teaching 3D Printing Technology in Engineer Officer Training

*A cikkben ismertetett kutatás célja az additív gyártástechnológia, annak részeként kiemelten a 3D-nyomtatás műszakitiszt-képzésbe történő integrálásának vizsgálata. A dolgozat első részében bemutatjuk az additív gyártási folyamatot, valamint előnyeit és korlátait egyaránt annak érdekében, hogy igazoljuk létjogosultságát a katonai feladatokban. Ismertetjük azt a feltételrendszert, amely a 3D-nyomtatási eljárás eredményes alkalmazásához szükséges a katonai szervezeteknél. A cikk fő részében tárgyaljuk azokat a személyi kompetenciákat, amelyek szükségesek a 3D-nyomtatás katonai körülmények között történő végrehajtásához. Végezetül részletesen foglalkozunk azokkal az oktatási lehetőségekkel, személyi és tárgyi feltételekkel, továbbá oktatásszervezési feladatokkal, amelyek a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar célkitűzéseivel összhangban biztosítják a műszaki hallgatók oktatását és képzését, valamint gyakorlati felkészítését a 3D-nyomtatás sikeres és hatékony végrehajtásához.*

**Kulcsszavak:** additív gyártástechnológia, 3D-nyomtatás, a 3D-nyomtatás oktatása, műszakitiszt-képzés

<sup>1</sup> Robbanóanyag-ipari szakmérnök, e-mail: [daruka.norbi@gmail.com](mailto:daruka.norbi@gmail.com)

<sup>2</sup> Építőmérnök, e-mail: [denes.kalman.1975@gmail.com](mailto:denes.kalman.1975@gmail.com)

<sup>3</sup> Tanársegéd, NKE HHK Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [ember.istvan@uni-nke.hu](mailto:ember.istvan@uni-nke.hu)

<sup>4</sup> Egyetemi docens, NKE HHK Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [kovacs.zoltan@uni-nke.hu](mailto:kovacs.zoltan@uni-nke.hu)

<sup>5</sup> Egyetemi docens, NKE HHK Haditechnikai Tanszék, e-mail: [vegh.robert@uni-nke.hu](mailto:vegh.robert@uni-nke.hu)

<sup>6</sup> A cikk a 2022-2.1.1-NL-2022-00012 számú „Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratórium” projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási és Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Laboratóriumok pályázati program finanszírozásában valósult meg.

*The purpose of the research presented in the article is to investigate the integration of additive manufacturing technology, specifically 3D printing, into engineer officer training. In the first part of the paper, we introduce the additive manufacturing process, highlighting its advantages and limitations, to justify its relevance in military tasks. We outline the set of conditions required for the successful application of 3D printing procedures within military organizations. The main part of the article discusses the personal competencies necessary for the execution of 3D printing in military conditions. Finally, we delve into detailed discussions of educational opportunities, personnel and material requirements, as well as educational organizational tasks that align with the objectives of the Faculty of Military Sciences and Officer Training. These efforts ensure the education, training, and practical preparation of technical students for the successful and efficient implementation of 3D printing.*

**Keywords:** additive manufacturing, 3D printing, 3D printing education, engineer officer training

## Bevezetés

A Nemzeti Közszerződési Egyetem (NKE) olyan egyedülálló tudásközpont, amely modern oktatást, versenyképes tudást, sajátos hivatást, egyedi értékrendet és biztos jövőt kínál a fiataloknak. Az egyetemi karokon folyó képzések lehetővé teszik, hogy a tehetséges, a közszolgálatára vállalkozó fiatalok megtalálják a nekik legmegfelelőbb életpályát.

Az NKE részeként a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar (HHK) fő feladatákként a Magyar Honvédség (MH) katonai szervezetei számára képez katonatisztek, foglalkozik továbbá egyéb alap- és mesterképzéssel, valamint tanfolyami és továbbképzésekkel is. A Karon a tudományos kutatások végrehajtására két doktori iskola – a Hadtudományi Doktori Iskola és a Katonai Műszaki Doktori Iskola – működik.

A leendő katonatisztek képzése során az elméleti oktatás mellett a gyakorlati felkészítésre is nagy hangsúlyt fektetnek, ennek megfelelően a felkészítés tantermeiben, szimulációs központokban, gyakorlótereken, valamint katonai alakulatoknál egyaránt folyik.

A magas színvonalú oktatáshoz természetesen elengedhetetlenek a kiválóan képzett, idegen nyelveket beszélő, az új technológiákra fogékony, felkészült oktatók, akik képesek a megszerzhető legkorszerűbb tudást a képzésekbe integrálni.

A Kar oktatási célkitűzéseinek biztosítása, valamint a műszakitiszt-képzés fejlesztése motivált minket akkor, amikor az additív gyártástechnológiában, kiemelten a 3D-nyomatásban végzett kutatásunk eredményei oktatásban történő felhasználásának lehetőségeit kezdtük el vizsgálni. A következő oldalakon bemutatjuk, hogy az additív gyártástechnológia, azon belül a 3D-nyomatás milyen lehetőségeket biztosít a katonai feladatok végrehajtásához. Bemutatjuk azokat a kompetenciákat, amelyekkel felvértezve a fiatal tisztek képesek lesznek hatékonyan segíteni a katonai célok elérését az additív gyártástechnológia felhasználása által. Mindezek ismeretében részletesen foglalkozunk azokkal a feladatokkal, amelyek szükségesek az additív gyártástechnológia oktatásához.

## A 3D-nyomatási technológia bemutatása

Az additív gyártástechnológia olyan gyártási folyamatot jelent, amelyben a tárgyat rétegről rétegre építik fel valamilyen (általában) digitális 3D-modell alapján. A folyamatos kutatásnak és fejlesztésnek<sup>7</sup> köszönhetően számos additív gyártási eljárás létezik, amelyek közül napjainkra a 3D-nyomatás vált a legismertebbé. A technológia széles körű és folyamatosan bővülő alkalmazási lehetőségei és előnyei miatt térnyerése indokolt. Az alábbiakban a gyártási technológia néhány általános jellemzőjét soroljuk fel:

- Digitális tervezés: A 3D-nyomatáshoz jellemzően CAD (Computer-Aided Design) -tervezésre, annak eredményeként egy fájlra van szükség, amely a nyomtatandó tárgy pontos 3D-leírását tartalmazza.  
„A folyamat egy digitális, háromdimenziós modell számítógépes tervezőprogrammal történő megalkotásával, vagy egy valós tárgy háromdimenziós szkennelésével kezdődik. Nyomathatóság szempontjából mindkét folyamat egyik fő célja egy szilárdtest objektum létrehozása, melyhez ez utóbbi esetben sokszor számos utómunkára is szükség lehet. Ezt követően megtörténik a 3D-modell szeletelése, azaz vékony rétegekre bontása, illetve a nyomtató számára »olvasható« olyan vezérlő fájl előállítás, amely lépésenként tartalmazza az eszköz működtetéséhez szükséges minden paramétert (például koordináták, sebességek, időzítések). A nyomtatási folyamatot a fájl feltöltésével és futtatásával tudjuk elindítani. A 3D-nyomtató feldolgozza az abban kódolt utasításokat, és fokozatosan egymásra építi az egyes rétegeket a rendelkezésre álló alapanyagból, egészen addig, amíg ki nem alakul a gyártmány végleges formája.”<sup>8</sup>
- Réteges felépítés: Az additív gyártás során a tárgy rétegről rétegre épül fel. Az egyes rétegek tulajdonságai, valamint a rétegek közötti kapcsolat jellemzői meghatározzák az elkészült tárgy végleges tulajdonságait.
- Széles anyagválaszték: A 3D-nyomatási eljárásban számos különféle alapanyagot alkalmaznak attól függően, hogy milyen tulajdonságú tárgyat kívánnak elkészíteni. A követelményeknek megfelelően kiválasztott alapanyag fajtája (például fém, műanyag, kerámia, kompozit stb.) a végső termék tulajdonságait jelentősen befolyásolja.
- Alkalmazási területek: A 3D-nyomatás már napjainkban is számos iparágban sikeresen alkalmazható, köszönhetően a technológia által kínált előnyöknek, közöttük a gyorsaságnak, a hatékonyságnak és a gazdaságosságnak. Ez az eljárás az innovációk eredményeként a meglévő alkalmazási területek (orvostudomány, repülési és űripari alkalmazások, autóipar, élelmiszeripar stb.) mellett egyre nagyobb számban más területeken is megjelenik.
- Gyors prototípus-készítés: A 3D-nyomatási technológia alkalmas prototípusok, modellek és kisebb darabszámú szériák (például anyagvizsgálatok végrehajtására) gyors elkészítésére. Ez a gyártástechnológia jelentősen lerövidítheti a termékfejlesztési ciklusokat.

<sup>7</sup> KARA et al. 2023.

<sup>8</sup> NÉMETH-GÁL 2019: 231–249.

- Egyedi és összetett geometriák: A 3D-nyomatási technológia nagymértékű tervezői szabadságot biztosít, lehetővé teszi akár a különleges, komplex és egyedi geometriájú tárgyak egyszerű gyártását, amelyek a hagyományos megmunkálási módszerekkel nehezen, vagy egyáltalán nem megvalósíthatók.
- A fenntarthatóság elősegítése: Az additív gyártási folyamatoknak jelentős fenntarthatósági előnyei vannak a hagyományos gyártási eljárásokkal szemben. Az anyagfelhasználás hatékonyabb lehet a kevesebb hulladéktermelés miatt, továbbá az ellátási láncot jelentősen rövidíteni lehet azzal, hogy a felhasználás helyén nyomtathatjuk ki a terméket.
- A gyártási költség csökkenése: A 3D-nyomatási technológia egyre fokozódó elterjedése, az egyre olcsóbb 3D-nyomatók megjelenése, a kevesebb alapanyag-felhasználás és a gyorsabb termelési ciklusok egyaránt hozzájárulnak a költséghatékonyabb gyártáshoz.
- Kisebbségi raktározási szükséglet: A 3D-nyomatási technológia lehetővé teszi a felhasználás helyén történő gyártást, minimalizálva a termékkészletezés szükségességét és a tárolási költséget. Az ellátási láncot jelentősen le tudja rövidíteni.
- További fejlődési lehetőségek, szükségletek: A 3D-nyomatási technológia alkalmazásakor az eddig elért kiemelkedően pozitív eredmények ellenére még számos kihívással kell megküzdeni. Ezek között fontos megemlíteni, hogy a felhasznált alapanyagok különböző tulajdonságai (anyagminőség, geometriai méretek stb.) sokszor egy alapanyagtekercsen belül sem állandók, a nyomtatási sebesség növelése a termelés fokozása érdekében elengedhetetlen, a költségek csökkentése pedig minden felhasználónak érdeke.

Az additív gyártástechnológia, annak részeként a 3D-nyomatás folyamatosan fejlődik, ennek köszönhetően újabb nyomtatási eljárások és anyagok jelennek meg, ami azt eredményezi, hogy egyre szélesebb körben lehet alkalmazni a technológiát. A 3D-nyomatási módszereket ennek megfelelően többféle módon is osztályozhatjuk, de az alábbiakban a kutatásunk tekintetében releváns szempontok alapján csoportosítjuk azokat:

1. A felhasználási terület alapján:
  - oktatás;
  - kutatás, fejlesztés;
  - prototípusgyártás, modellezés;
  - egyedi gyártás, sorozatgyártás (kis, közepes, nagy) vagy tömeggyártás;
  - egyéb (művészet és *design*, orvostudomány, divat stb.).
2. A nyomtatás folyamata alapján:
  - Az FDM/FFF (Fused Deposition Modelling/Fused Filament Fabrication) szálhúzásos nyomtatási eljárás során a nyomtatófej tekercsben lévő, hőre lágyuló műanyag szálát olvaszt fel, majd rétegről rétegre rakja le a tervezett test létrehozásához. Az egyes rétegek mindig hozzátapadnak az előzőhöz.
  - Az SLA- (Stereolithography) technológia alapján működő 3D-nyomatók a tárgyak elkészítéséhez folyékony műgyanta-alapanyagokat használnak, amelyeket az építési területen rétegről rétegre lefektetnek, majd lézer segítségével összekötnek, és megkeményítenek.

- Az SLM- (Selective Laser Melting) eljárásnál a fémporok szelektív lézerolvasztása elvén működő nyomtató nagy energiájú lézersugarat használ fel a fémpor megolvasztásához. Szinte bármilyen összetételű fémpor felhasználásával teljes értékű, nagy pontosságú, azonban sokszor nem megfelelő felületi minőségű<sup>9</sup> gyártmányokat lehet előállítani. Lehetőség van harc- és gépjárművek, munkagépek vagy repülőeszközök fém alkatrészeinek előállítására is. Szükség esetén tábori körülmények között is alkalmazható.
  - Az SLS- (Selective Laser Sintering, szelektív lézerszinterezés) technológia alapján működő 3D-nyomtatók porállagú alapanyagot (műanyag, fém stb.) használnak az építésre, amelyet a nyomtatófej a nyomtatókamra tálcájára a kívánt rétegvastagságban elterít. Egy lézer felolvasztja az egyes rétegeket, amelyek összeolvadnak egymással.
  - A PolyJet-nyomtatók a nyomtatás során folyékony fotopolimer cseppeket kötnek össze UV- (ultraibolya) fényforrás segítségével.
  - A Binder Jetting nyomtatási eljárás során a rétegenként lefektetett finomszemcsés poros alapanyagra kötőanyagot permeteznek, amely megszilárdul.
  - A DLP- (Digital Light Processing) nyomtatók fotopolimer alapanyagot használnak fel a tárgyak felépítésére. Egyszerre egész rétegeket keményítenek meg egy fényforrás és a digitális tükör felhasználásával.
  - Az EBM- (Electron Beam Melting) nyomtatók rétegenként lefektetett fémportalapanyagot használnak, amelyet egy elektronnalábbal felolvasztanak. A tárgyat rétegről rétegre, azok összeolvasztásával építik fel.
  - A DMLS- (Direct Metal Laser Sintering) technológia alapján működő nyomtatók fém alapanyagot használnak fel az alkatrészek rétegről rétegre történő előállításához.
  - A CJP- (Color Jet Printing) technológia olyan additív gyártási eljárás, amelyben kompozitpor alapanyagot használnak, a rétegeket ragasztó köti össze.
3. Az alapanyag típusa alapján:
- 3.1. Műanyagok:
- ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene): erős, kopásálló és strapabíró műanyag.
  - Nylon: erős, kopásálló és könnyű műanyag, kiváló mechanikai tulajdonságokkal.
  - ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate): hőre lágyuló műanyag jó UV-állósággal, kedvező mechanikai és esztétikai tulajdonságokkal.
  - DIRAN: tartós és szívós, nylonalapú, hőre lágyuló műanyag.
  - PLA (Polylactic Acid): jó UV-állósággal és rétegtapadással, ugyanakkor alacsony nedvességállósággal rendelkező, merev és erős műanyag.
  - PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol-Modified): erős, tartós, kopásálló és hőálló anyag, jó mechanikai tulajdonságokkal.
  - TPU (Thermoplastic Polyurethane): rugalmas műanyag jó ütésállósággal és kopásállósággal.

<sup>9</sup> MARKOVITS–VARGA 2023.

- PC (polikarbonát): magas szakító- és hajlítószilárdsággal rendelkező, erős műanyag.
- HIPS (High-Impact Polystyrene): nagy tartósságú és ütésállóságú polisztirol.

### 3.2. Fémek:

- bronzötvözetek;
- rézötvözetek;
- szerszám- és martenzites acélok;
- rozsdamentes acélok;
- alumíniumötvözetek;
- titán és titánötvözetek;
- nemesfémek (arany, platina, ezüst stb.).

### 3.3. Kompozitok:

- műanyag és fémporkeverékek;
- műanyag és más, nemfém porok keveréke (például farost, gipsz, kőpor stb.);
- műanyag és mikroszálak vagy folyamatos szálerősítés (szénszál, üvegszál, kevlár stb.).

A napjainkra egyre szélesebb körben elérhető nyomtatási technológiák és alkalmazások száma a felhasználói igények további megjelenésével és bővülésével együtt folyamatosan nő. Általánosságban ugyanakkor kijelenthető, hogy a megvalósítandó projektnek leginkább megfelelő technológiát és alapanyagot kell kiválasztani a cél eléréséhez.

## A 3D-nyomatási technológia alkalmazása a Magyar Honvédségben

A honvédelem minden korszakban jelentős mértékben támaszkodott a termékfejlesztések eredményeire, számos esetben pedig maga a hadiipar volt az innovációk kezdeményezője, megelőzve a civil szférát. Nem meglepő tehát, hogy a 21. század jelentős vívmányának számítató additív gyártástechnológia és annak fontos részeként a 3D-nyomatás különböző szinteken és mélységben megjelent a hazai honvédelemben.

Kiemelten foglalkozik a témával Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiája<sup>10</sup> is, amely deklarálja, hogy a globális és az európai biztonsági környezet egyaránt instabil, és a kiszámíthatatlan, a különböző térségekben kialakult válságok akár rövid időn belül is hatással lehetnek Magyarország biztonságára. Ezek között kell megemlíteni a fokozódó éghajlatváltozás okozta változásokat,<sup>11</sup> amilyen például a vízhiány is. Ezzel párhuzamosan az elmúlt években jelentős változások történtek a globális technológiai környezetben is, ami az infokommunikációs képességek rohamos fejlődésével, a diszruptív technológiák<sup>12</sup> fokozatos terjedésével, valamint

<sup>10</sup> 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat.

<sup>11</sup> PADÁNYI 2021: 31–45.

<sup>12</sup> „Diszruptív technológia: Az olyan innovatív technológiai változásokat, szolgáltatásokat vagy megoldásokat, amelyek által hozott eredmények viszonylag rövid idő alatt alapvetően átrendezik a piaci erőviszonyokat – ha-

az azokhoz való egyre könnyebb és gyorsabb hozzáféréssel tovább növeli hazánk biztonsági kockázatát. A diszruptív technológiák ugyanis a meglévő hagyományos eljárásrendeket, alkalmazási elveket felülírják, a folyamatokat megszakítják, és azokat újszerű megoldással, eszközzel megváltoztatják, új irányba terelik. Napjaink technológiai fejlesztéseinek egyik jellemzője, hogy a legújabb eszközök és technológiák a gazdasági előnyök megszerzése érdekében a civil kereskedelemben a védelmi szférával egy időben vagy már azt megelőzően megjelennek, ami további kockázatot jelenthet.

Az orosz–ukrán háborúban hatékonyan, nagy mennyiségben használt drónok,<sup>13</sup> a kiber-térben végrehajtott műveletek, a mesterséges intelligencia alkalmazása (például tűzszérfeladatokban,<sup>14</sup> célpontok kiválasztásában stb.) és nem utolsósorban a 3D-nyomatási technológia katonai alkalmazása alapjaiban változtatja meg a jelenlegi hadviselés szabályait és eljárásrendjét. A jövő hadszínterein kisebb létszámú, fejlett technológiai támogatással rendelkező szemben álló felek megjelenése várható.

A Nemzeti Katonai Stratégia a biztonsági fenyegetések okán jogos célként fogalmazza meg a hazai és nemzetközi biztonsági rendszerek és szervezetek, valamint rendszabályok modernizálását. Ennek eredményeként a nemzetközi szervezeteknek (például NATO, EU), azok részeként hazánknak, képesnek kell lenniük a változó körülményekhez való folyamatos alkalmazkodásra, továbbá a célok, módszerek és a megvalósításukhoz szükséges eszközrendszer változó környezethez történő rugalmas adaptálására.

A stratégiai célok teljesítése érdekében véleményünk szerint is jelentős szerepet kell szánni az additív gyártástechnológiának, amely már jelenleg is nagy hangsúlyt kap a HHK újításokhoz vezető fejlesztői munkájában. A 3D-nyomatás meggyőződésünk szerint a jövőben egyre nagyobb szerepet kap az MH-ban nemcsak a kutatási és oktatási feladatokban, hanem az alkatrész-biztosítás, az utánpótlás és a javítás területén is. A kifejezetten katonai feladatok végrehajtására optimalizált 3D-nyomatók ugyanis akár külföldi katonai missziók során, tábori körülmények között is képesek hatékony megoldást nyújtani a felmerülő igényekre. A technológia előnyei által jelentősen lerövidíthető az ellátási lánc, amivel biztosítható vagy helyreállítható a katonai feladat végrehajtásának sikere.<sup>15</sup>

A 3D-nyomatás jelenleg is alkalmazott eljárás a honvédelemben, mivel technológiai erőfölényt és előnyt jelenthet az alábbi területeken:

- oktatás;<sup>16</sup>
- prototípusgyártás;
- innováció;
- a helyszíni, azonnali alkatrészpótlás lehetősége;

---

tékonyágnövekedés, üzleti modellváltás, új iparágak születése – először munkahelyek tömegének elvesztésével, meglévő üzleti modellek lerombolásával, felforgatásával járnak, ezzel kiszorítva a korábbi technológiai környezetben biztos pozícióval rendelkező szereplőket, diszruptív technológiáknak nevezzük [...]” Digitális Jólétprogram Fogalomtár [é. n.]: 16.

<sup>13</sup> HEGEDŰS–HENNEL–VÉGVÁRI 2023: 33–36.

<sup>14</sup> ÁDÁM 2023: 15–27.

<sup>15</sup> VÉGVÁRI 2023: 177–198.

<sup>16</sup> GYARMATI–HEGEDŰS–GÁVAY 2022: 113–126.

- egyedi szerszámok, eszközök és felszerelések gyártása;
- digitális alkatrészraktár létrehozása 3D-nyomtatáshoz.

A fejezetben bemutatott stratégiai célok megvalósítása érdekében, továbbá a 3D-nyomtatási technológia által biztosított lehetőségek és szolgáltatások létrehozásához és fenntartásához a tárgyi feltételek mellett biztosítani kell a szolgáltatást működtető, hozzáértő személyi állományt is. Kutatásunk eredményeként arra a következtetésre jutottunk, hogy a MH saját és független 3D-nyomtatási képességének megteremtéséhez és folyamatos fenntartásához feltétlenül szükség van az oktatási képesség kialakítására is, amelyhez a HHK képes biztosítani a szükséges személyi és tárgyi feltételeket egyaránt.

## A 3D-nyomtatási technológia oktatásának integrálása a műszakitiszt-képzésbe

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar elsődleges célja annak biztosítása, hogy a végzett hallgatók a kor színvonalával lépést tartva, a társadalom és a Magyar Honvédség elvárásainak egyaránt megfelelően képesek és készek legyenek a haza védelmére, valamint a köz szolgálatára. Ezzel a szellemiséggel azonosulva a Nemzeti Katonai Stratégiában megfogalmazott célok figyelembevételével, azok végrehajtása érdekében kezdtünk el foglalkozni a 3D-nyomtatási képesség MH-ban történő kialakításának lehetőségével, részletesebben a személyi feltételek biztosításához szükséges tudásbázis és oktatási képesség HHK-n történő kialakításával.

Jacobi Ágost<sup>17</sup> utászezredes gondolatai szerint „műszaki katonák alatt értjük azt a hadrakelt nagy családot, amely nem csak fegyverrel a kézben küzdött, hanem tudásával, különleges felszerelésével, kiképzésével és leleményességével a küzdő csapatok leghűségesebb és nélkülözhetetlen segítőtársa volt”. Ez a számtalan alkalommal idézett meghatározás a műszaki katonákról összefoglalja és jellemzi mindazon feladatokat is, amelyek erre a nagy múltú szakcsapatra hárultak és hárulnak napjainkban is. Ez a közel 100 év óta helytálló, ugyanakkor továbbra is előremutató eszmeiség alapozza meg a mindenkori műszakitiszt-képzés változó követelményekhez való alkalmazkodásának jogos elvárását.

Követve a jogszabályok előírásait, alkalmazkodva a modernizálódó technológiai környezethez, biztosítva az előljárási elvárásokat, megfelelően az alárendeltek kérésének, végezetül mindezek által biztosítva-növelve a katonai feladatok végrehajtásának sikerét szeretnénk integrálni a 3D-nyomtatási technológiát a katonai felsőoktatásba, mindenekelőtt a műszakitiszt-képzésbe (1. ábra). Az oktatás folyamatos fejlesztése fontos nemzeti érdek, mivel kulcs szerepe van többek között a társadalom és a gazdaság fejlődésében is. A kor követelményeinek megfelelő korszerű katonai felsőoktatás az információátadáson túl a készségek kialakítását, a gondolkodásmód formálását és az egyéni fejlődést is támogatja, ami a helyzetek változására gyorsan reagálni képes katonáknak nélkülözhetetlen.

<sup>17</sup> BALLA–PADÁNYI 2019: 157–162.





1. ábra: Műszaki tisztjelöltek által összeállított, 3D-nyomatással készült szemléltetőanyag  
Forrás: a szerzők felvétele

Az oktatásnak az általános célok teljesítése mellett az innovációban is kulcsszerepe van, mivel a kreativitás, a leleményesség és a problémamegoldó képességek fejlesztése révén hatékonyan segíti az új ötletek kialakítását és azok bevezetését a gyakorlatba. A katonai stratégia célkitűzésével összhangban a katonai felsőoktatási rendszernek lépést kell tartania a technológiai fejlődéssel, továbbá adaptálnia kell az új tudományos eredményeket.

Tekintettel arra, hogy a tanulás az ember egész életén át tartó folyamat, az oktatás és képzés lehetőségét tanfolyami képzés keretében azok számára is biztosítani kell, akik katonai alakulatoknál szolgálnak különböző beosztásokban. A biztonsági környezetben bekövetkező változásokhoz ugyanis akkor képes a katonai szervezet legjobban alkalmazkodni, ha a szervezet személyi állományának képzését biztosító oktatási rendszer rugalmas, fejlődőképes és alkalmazkodik a változásokhoz.

## A 3D-nyomatási technológia oktatása a BSc-képzésben

A HHK Műveleti Támogató Tanszék egyik oktatási szervezeti egysége a Műszaki Szakcsoport, amelynek a BSc-képzésben elérendő célja olyan honvédtisztek képzése, akik tisztté történő avatásuk után a Magyar Honvédség műszaki csapatainál, szakalegységeinél töltik be első tiszti beosztásukat. A négyéves képzés során megszerzik mindazokat az általános katonai és szakmai ismereteket, jártasságokat és készségeket, amelyek képessé teszik őket műszaki alegységparancsnoki és szaktiszti beosztásokban a műszaki támogatási feladatok ellátására, valamint az ezekhez kapcsolódó gyakorlati tevékenységek tervezésére és a végrehajtás irányítására.

A szakcsoport további feladatai között szerepel a szakirányhoz kapcsolódó szakterületek tudományos kutatása, a kutatási eredmények beépítése a képzésbe, valamint az oktatási anyagok és a képzés infrastrukturális hátterének fejlesztése is.

A Nemzeti Katonai Stratégia célkitűzései mellett a témában végzett kutatásunk is azt támasztja alá, hogy a 3D-nyomtatás katonai alkalmazása rövid időn belül olyan általános lesz, mint például a CAD-szoftverek vagy a GPS-vevővel (Global Positioning System) ellátott geodézia-műszerek évtizedek óta tartó használata. Véleményünk szerint az additív gyártástechnológia és annak részeként a 3D-nyomtatás oktatása a BSc-képzésben fontos feladatunk annak érdekében, hogy végzett hallgatóink a katonai célok egyszerűbb és hatékonyabb elérése érdekében ki tudják használni a technológia által nyújtott előnyöket.

A katonai vezetői alapképzési szak műszaki szakirány hallgatóinak oktatása során kiemelt feladat a magas szintű, gyakorlatias, a megrendelő és a kor követelményeinek és igényeinek egyaránt megfelelő oktatás, amelyre alapozva a műszaki tisztek hazai és nemzetközi feladatok végrehajtása során is képesek helytállni. Ennek megfelelően az additív gyártástechnológia, annak részeként a 3D-nyomtatás oktatására elsősorban szabadon választható, 2 kredit értékű tantárgy keretében kerülhet sor. A már oktatott *Számítógépes tervezés* szabadon választható tantárgy tematikája és felépítése egyaránt jó alapot jelent arra, hogy a 3D-nyomtatás téma elméleti ismeretanyagát ráépítsük, így az oktatásra azzal megegyező félévben vagy azt követően kerül sor. A *3D-nyomtatás* megnevezésű tantárgy összes tervezett óraszámja 28 tanóra, ezen belül az elméleti és a gyakorlati órák megoszlásának aránya 20 és 80%.

A tantárgy szakmai tartalma megegyezik a BSc-képzés oktatási célkitűzéseivel. Ennek megfelelően a képzés során a hallgatók elsajátítják az additív gyártástechnológiával, a 3D-nyomtatással kapcsolatos elméleti ismereteket, a képzés gyakorlati részében pedig megtanulják a 3D-modellkészítéssel és szkenneléssel, valamint a 3D-nyomtatással kapcsolatos alapismereteket (2. ábra).



2. ábra: Utómunkálatok a 3D-nyomtatással készült oktatási anyagokon

Forrás: a szerzők felvétele

Az oktatáshoz szükséges személyi is tárgyi feltételek rendelkezésre állnak. Az oktatók elméleti és gyakorlati felkészültsége egyaránt magas szintű, biztosítja a minőségi oktatás feltételeit. A gyakorlati képzéshez rendelkezésre áll elegendő mennyiségű, különböző elven működő 3D-nyomatató. A *3D-nyomatás* tantárgyi programját kidolgoztuk. A képzés oktatási anyagának kidolgozása, valamint a felkészüléshez szükséges jegyzetek megírása folyamatban van, az oktatás megkezdéséhez ugyanakkor nélkülözhetetlen. A korszerű, NATO-elveknek is megfelelő tananyagfejlesztés keretében a továbbiakban ki kell dolgozni a digitális oktatás tananyagát. A képzés tényleges megkezdése a vonatkozó tanterv módosítása, majd a tantárgy meghirdetése után történhet meg.

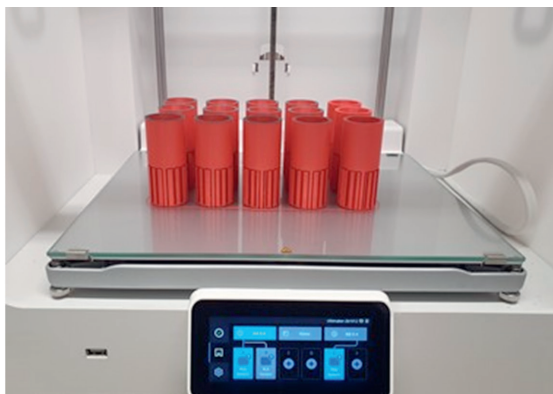
## A 3D-nyomatási technológia oktatása tanfolyami képzés keretében

A HHK oktatási rendszerében további kiemelt feladatot jelent a különböző tanfolyamok tervezése, szervezése és végrehajtása, amelyek a jóváhagyott képzési kimeneti követelményeknek megfelelő képzési programokkal és tantárgyi tematikákkal rendelkeznek. Ebben az oktatási rendszerben a Műszaki Szakcsoport fontos feladata a MH és a védelmi szféra igényeinek megfelelően a műszaki tisztai előmeneteli tanfolyamok, a műszaki tisztai átképző tanfolyam, továbbá különböző műszaki szakmai ismeretkiegészítő tanfolyamok megtartása.

Az állandóan változó biztonsági környezet, az új technológiák és eljárásrendek megjelenése új kihívások elé állítja a Magyar Honvédséget. A sok változás, a technológiai újítások és az új eszközök rendszerbe állítása megköveteli a katonai szervezetektől és az oktatási rendszertől egyaránt, hogy a végrehajtó állomány tudását folyamatosan tudja frissíteni, az új ismereteket át tudja adni.

A tanfolyami képzésben részt vevő hallgatók oktatása során szintén kiemelt feladat a magas szintű és gyakorlatias oktatás. A tanfolyami képzés céljait és lehetőségeit figyelembe véve az additív gyártástechnológia és a 3D-nyomatás oktatására önálló tanfolyam keretében kerülhet sor egy félév folyamán, nappali munkarendben. A *3D-nyomatás* tanfolyam összes óraszámja 90 tanóra, amelyen belül az elméleti és a gyakorlati órák megoszlásának aránya 20 és 80%.

A tantárgy szakmai tartalma megegyezik a tanfolyami képzés oktatási célkitűzéseivel. Ennek megfelelően a képzés során a hallgatók elsajátítják az additív gyártástechnológiával, a 3D-nyomatással kapcsolatos elméleti ismereteket, a képzés gyakorlati részében pedig megtanulják a 3D-modellkészítéssel és szkenneléssel, valamint a 3D-nyomatással kapcsolatos alapismereteket (3. ábra).



3. ábra: Szaktantárgy oktatásához 3D-nyomatással készített töltetházak

Forrás: a szerzők felvétele

Az oktatáshoz szükséges személyi is tárgyi feltételek rendelkezésre állnak. Az oktatók elméleti és gyakorlati felkészültsége egyaránt magas szintű, biztosítja a minőségi oktatás feltételeit. A gyakorlati képzéshez rendelkezésre áll elegendő mennyiségű különböző elven működő nyomtató. A szükséges képzési programot kidolgoztuk. A képzés oktatási anyagának kidolgozása, továbbá a felkészüléshez szükséges jegyzetek megírása még hátravan, az oktatás megkezdéséhez azonban elengedhetetlen. A tanfolyami képzés minél szélesebb körben, például távoktatás formájában történő elérése érdekében a korszerű, NATO-elveknek is megfelelő tananyagfejlesztés keretében ki kell dolgozni a digitális oktatás tananyagát. A képzés tényleges megkezdéséhez szükséges a képzési program jóváhagyása, majd a tanfolyam meghirdetése az NKE beiskolázási tervében.

## Összefoglalás

A 3D-nyomatás napjainkra a mindennapok fontos részévé vált, mivel a felhasználók széles köre számára elérhető a megfizethető, céljaiknak leginkább megfelelő nyomtató, amely ráadásul számos előnnyel is rendelkezik a hagyományos gyártási eljárásokkal szemben. Gyorsan, hatékonyan és kedvező áron gyártható le akár bonyolultabb és összetettebb szerkezet is, a követelményeknek megfelelő anyagminőségben. Mindezen előnyök miatt nem véletlen, hogy az elmúlt években kirobbant katonai konfliktusokban nagyon nagy számban használtak 3D-nyomatott haditechnikai eszközöket, például drónokat és fegyvereket.

A szomszédunkban zajló orosz–ukrán háború tapasztalatai, a közelmúltban kirobbant katonai konfliktusok, továbbá a még szunnyadó különböző geopolitikai feszültségek várható kockázatai alapján hazánk védelmi iparának, benne a Magyar Honvédségnek a folyamatos fejlesztése és modernizálása nélkülözhetetlen. Hazánk katonai stratégiája az előbbi célok mellett kiemelten kezeli a meglévő képességek fejlesztését és a haditechnika korszerűsítését is, amihez

megítélésünk szerint a 3D-nyomtatás mint új képesség kialakítása hatékonyan járulhat hozzá. A Magyar Honvédségnek a jövőbeni kockázatok kezelése érdekében a képességfejlesztések és a haditechnikai fejlesztések végrehajtásával a kor követelményeinek megfelelő, korszerűen felszerelt haderővé kell válnia, amihez nélkülözhetetlen a magas színvonalú képzésben, ki-képzésben és folyamatos továbbképzésben részesülő személyi állomány. A haderőfejlesztési stratégia személyi állományra vonatkozó célkitűzéseinek teljesítése érdekében javasoljuk a 3D-nyomtatási technológia oktatásának beemelését a képzési rendszerbe, alapképzés, mesterképzés és továbbképzés keretében egyaránt. Az oktatáshoz szükséges személyi és tárgyi feltételek rendelkezésre állnak. Véleményünk szerint a 3D-nyomtatási képesség kialakítása és a hozzá szorosan kapcsolódó oktatási feltételek megteremtése hozzájárulhat a kor követelményeinek megfelelő védelmi ipar, valamint a magas fokú reagálóképességgel rendelkező modern Magyar Honvédség kialakításához.

## Felhasznált irodalom

- ÁDÁM Balázs (2023): Mesterséges intelligencia a tűzszerésfeladatokban: A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek II. rész. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(3), 15–27. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.2>
- BALLA Tibor – PADÁNYI József (2019): Műszaki kiválóságok – Jacobi Ágost Henrik. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(4), 157–162. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.4.10>
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő – GÁVAY György (2022): Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó: Harckocsi-sebességváltó modell kialakítása 3D-nyomtatással oktatási célból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 113–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7>
- HEGEDŰS Ernő – HENNEL Sándor – VÉGVÁRI Zsolt (2023): A Bayraktar drónok II. rész. *Haditechnika*, 57(3), 33–36. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.57.3.06>
- KARA Yahya et al. (2023): A Novel Method and Printhead for 3D Printing Combined Nano-/Micro-fiber Solid Structures. *Additive Manufacturing*, 61(103315), 13. Online: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103315>
- MARKOVITS Tamás – VARGA László Ferenc (2023): Investigating the Surface Roughness of 3D Printed Metal Parts in Case of Thin 20 µm Build Layer Thickness. *Journal of Materials Research*, 11. Online: <https://doi.org/10.1557/s43578-023-01254-9>
- NÉMETH András – GÁL Bence (2019): Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére. *Hadmérnök*, 14(1), 231–249. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.1.19>
- PADÁNYI József (2021): Az éghajlatváltozás hatásai, mint a katonai erő előtt álló biztonsági kihívások = The Impact of Climate Change as Security Challenges Faced by the Military. *Hadtudomány: A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata*, 31(1), 31–45. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2021.31.1.31>
- VÉGVÁRI Zsolt (2023): A 3D-nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában. *Katonai Logisztika*, 31(1–2), 177–198. Online: <https://doi.org/10.30583/2023-3-4-177>

## **Jogi forrás**

1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról

## **Internetes forrás**

Digitális Jólétprogram Fogalomtár [é. n.]. Online: <https://digitalisjoletprogram.hu/files/41/ac/41a-c862ea794f1bae55109f00de4e6bd.pdf>