

Sebők István¹ 

A kiképzési célú fegyverzeti eszközök és anyagok 3D-nyomtatásának lehetőségei

Possibilities of 3D Printing Weapons and Materials for Training Purposes

A 3D-nyomtatás mint iparág már nemcsak otthoni vagy polgári felhasználásra készít termékeket, hanem egyre inkább helyet követel magának olyan speciális területeken is, mint a hadiipar. Bizonyos speciális esetekben a kiképzési anyagokkal történő ellátás piaci szereplők által és piaci körülmények között nem biztosítható. Ezért a Magyar Honvédségen belül saját ellátás biztosítása válik szükségessé.

Kulcsszavak: 3D-nyomtatás, kiképzési eszköz, lőszer, fegyver

3D printing as an industry no longer only makes products for home or civilian use, but is increasingly claiming its place in special areas such as the military industry. In certain special cases, the training materials cannot be insured under insurance market participants and market conditions. Therefore, it becomes necessary to provide own supplies within the Hungarian Defence Forces.

Keywords: 3D printing, training tool, ammunition, weapon

Bevezetés

A kiképzési célú fegyverzeti eszközöknek és anyagoknak a legfontosabb feladata a katonák magas szintű és megfelelő mélységű fegyverismeretének oktatása, a magabiztos fegyverkezelés elsajátíttatása, a magas szintű lökésség elérésének segítése, valamint az éles fegyverrel

¹ Tanársegéd, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: Sebok.Istvan@uni-nke.hu

és lőszerrel történő löfeladatok biztonságos és balesetmentes végrehajtásához szükséges fegyverfogások begyakorlása.

A kiképzéshez használt eszközöket és anyagokat három csoportba sorolhatjuk. Az első csoportba a kiképzéshez használt fegyvereket, az úgynevezett gyakorlófegyvereket sorolhatjuk. A másodikba a gyakorlólőszereket. A harmadikba az előző kettőt támogató tartalékalkatrészeket, -szerszámokat és -tartozékokat (TASZT) soroljuk, és azokat a berendezéseket, amelyek a kiképzést támogatják.

A 3D-nyomatás olyan szakmai lehetőséget, támogatást adhat a fegyveres oktatásnak és a lökiképzésnek, amilyen eddig nem létezett, és olyan speciális alkatrészek elkészítését teszi lehetővé, amelyek növelik az oktatás színvonalát. A 3D-nyomatásnak sok egyéb haditechnikai felhasználási lehetősége is van.² Mind a lőszer, mind a fegyverek tekintetében ezeket a képzési célokat a fegyverzeti anyagokat biztosító vállalatok a kis darabszám vagy a speciális igények figyelembevételével közvetlenül biztosítani nem tudják. Ezen feladatok támogatásának a lehetőségeit mutatom be.

Kiképzési célú töltények, lőszer

Az első egyesített töltények megjelenésével együtt megjelentek az első olyan lőszer, amelyek a fegyverek működésének ellenőrzését és a katonák kiképzését támogatták. A gyártás megkönnyítése, valamint a kiképzés valóság-hű biztosítása érdekében a kiképzési és az oktatólőszer ugyanolyan lőszerelemekből állt, mint az éles lőszer, a löport és a gyúelegyet leszámítva.

A lőszeralkatrészek (lőszerelemek) a következők:³

- lőpor;
- töltényhüvely, amely lehet gyúelegyes vagy csappantyús;
- csappantyú;
- lövedék.

A kezdeti időkben az éles lőszeret is két csoportba osztották, hadi és kiképzési lőszerre. Alapvetően csak a hadi lőszer készültek gyári körülmények között, a kiképzési lőszeret éles alkatrész felhasználásával a kiképző tiszthelyettesek töltötték, és költségcsökkentés céljából a lövedékmag keményfából készült. Innen ered a fadugós lőszer kifejezés.

E lőszer alkatrészének a felhasználásával készültek az úgynevezett oktatólőszer. Ezeknek az oktatólőszernek már a kezdeti időben is a következőkben határozták meg a rendeltetését, valamint használatának a célját. Az oktató- (gyakorló-járatkémlelő) töltény rendeltetése a töltés fogásainak és a lövés végrehajtásának begyakorlása.

Ezeknek a különböző fajtájú és felhasználású lőszernek a megkülönböztetésére kezdetektől fogva nagy hangsúlyt fektettek, különösen az éles és az oktatólőszer tekintetében.

² GYARMATI–HEGEDŰS 2023 és GYARMATI 2023.

³ 2004. évi XXIV. törvény.

Ez első ilyen jelentős megkülönböztetés volt, hogy a hüvely testére furatokat fúrtak, s valamint bizonyos esetekben a hüvely belsejében lőportöltet helyett dugót helyeztek el.

A gyakorlólőszernek minél inkább élesre történő hasonlításának célja folyamatosan jelentős problémákat okozott, erre két példát mutatok be.

A *Honvédségi Szemle* katonai folyóirat egyik számában esettanulmányként jelent meg ez a megtörtént eset, amelyből kiderül, hogy egy alakulat lögyakorlat végrehajtása céljából kitelepült a lőtérre. A lőtéren az alakulat parancsnokának előzetes utasítása értelmében a lövészet megkezdése előtt gyakorlótöltényekkel gyakorolni kellett a töltést és az ürítést, illetve töltények nélkül a célra tartást. A célra tartási feladat végrehajtása érdekében több katonát kiküldtek a lövő állomány elé különböző távolságra céltáblákkal együtt, amely céltáblákra kellett a célra tartást végrehajtani. Annak ellenére, hogy a gyakorlótöltényekkel csupán a töltés és az ürítés volt elrendelve, a célra tartást pedig töltetlen fegyverrel és az elsütőbillentyű elhúzása nélkül kellett végrehajtani, öt gyakorlótöltényt az egyik lövő a tárba helyezett, majd a fegyvert csőre töltve az egyik céltábla felé tartotta, és az elsütőbillentyűt meghúzta. A gyakorlótöltények közé azonban utólag már meg nem állapítható módon egy éles töltény is keveredett, és a fegyver csővébe ez a töltény került.⁴ A billentyű elhúzása alkalmával a hadi használható állapotban levő töltény természetesen elsült, és a kirepülő lövedék a céltáblát a földön ülve tartó katonát találta el, akinek ez azonnali halálát okozta.⁵

A másik ilyen eset az volt, amikor kiképzési feladatként a katonák a lövés zajához történő szoktatása történt. A lőszer-anyagismeret és a kiképzés során már megismert lőszernek a betárazása során tudná a katona, hogy a fegyverbe éles vagy gyakorló-/oktatólőszer kerül. Így ezt a feladatot a kiképző hajtja végre, táraz be, hogy lövés közben tudja figyelni a katona billentyűelhúzás közbeni reakcióját. Ilyen kiképzési foglalkozásnál a lőszerket ugyanúgy szét kell válogatni, és a mai kiképzési elvek figyelembevételével már nem is engedélyezett.⁶ A hanghatáshoz való hozzászoktatás és a lökiképzés gyakorlófázisa ma már elsősorban vaklőszerrel történik. De nincs minden ürmérezetű jelenleg vaklőszer rendszeresítve, ezért az oktatólőszer iránti igény továbbra is igen magas.



⁴ ODLER 1963.

⁵ SÜVEG 1962.

⁶ BALCEROWICZ 1976.

1. ábra: A 9 mm Skorpion EVO 3 géppisztoly átlátszó tárába betárazott különböző technológiával készült gyakorlólőszer, mellettük a 3D nyomtatott és a Magyar Honvédségben rendszeresített gyakorlólőszer

Forrás: a szerző felvétele

Kiképzési célú fegyverek

Kiképzési célú, úgynevezett gyakorlófegyverek nagyon sokáig a Magyar Honvédségben nem voltak. Minden egyes fegyverfogást, oktatást, szét- és összeszerelést, a karbantartás oktatását éles hadi fegyvereken hajtották végre a katonák. Ez rendkívül nagy fegyelmet követelt meg, valamint jelentős mértékben igénybe vette a kiképzésre használt fegyvereket. Az első kiképzési célú, kifejezetten oktatásra szánt fegyverek a hadseregben az 1950-es években jelentek meg az alábbi forrásokból:

- a fegyvergyár által felajánlott „0” sorozat vagy próbagyártásból adódó vagy katonai átvételen nem megfelelt fegyversorozat;
- a hadsereg központi fegyverjavító üremeiben készített sérülés következtében gazdaságosan nem javítható fegyverekből összerakott, néhol eltérő gyári számokat is tartalmazó fegyverek;
- valamint azokból a fegyverekből is készítettek, és jelenleg is készítenek oktató-/gyakorlófegyvereket, amelyeknek a szórásképe már nem megfelelő.

A kiképzési célú fegyvert az éles fegyverrel ellentétben éles lőszer kilövésére alkalmatlanná tették. Az átalakításnak voltak különböző szintjei, ezt általában az határozta meg, hogy a fegyverek mikor készültek.

Általánosságban elmondható, hogy ennek érdekében az alábbi módosításokat minden egyes fegyveren elvégezték:

- az ütőszeg végét levágták, hogy ne érjen ki a zárfalból;
- valamint a töltényúrt megfúrták.

Ezzel a fajta átalakítással gyakorlatilag minden egyes oktatási feladat elvégezhető volt, ezekkel a fegyverekkel gyakorlatilag minden egyes kiképzési foglalkozás végrehajtható volt, és csak az éles lövészetet hajtották végre a katonák „saját” hadi fegyvereikkel.

Ezekhez a fegyverekhez gond nélkül használhatók voltak az éles lőszerrel külsőleg teljesen megegyező gyakorlótöltények. Ekkor is fordultak elő olyan balesetek, amelyek során az oda nem figyelésből véletlenül vagy esetlegesen szándékosan éles fegyverből kerültek a gyakorlófegyverbe olyan fegyveralkatrészek, mint például éles ütőszeg vagy a már említett esetben éles lőszer.

Emiatt olyan gondolkodásváltás történt, amelynek következtében a gyakorlófegyverek egyes alkatrészeit olyan mértékben roncsolták, hogy semmilyen lőszer befogadására ne legyenek alkalmasak, valamint ha gyakorlótöltényt tettek is beléjük, az az első működtetésnél elakadt.

A gyakorlófegyverek egyidőben a kiképzésben jelentős szerepet tölthetnek be. Éles lövészetre való felkészítő foglalkozáson a kiképzők adott esetekben a gyakorlófegyvereken szándékosan hibát okoztak, illetve működési rendellenességet szimuláltak.

Ilyen hibák a fegyverek tekintetében:

- adogatási;
- töltési;
- elsütési;
- kivonási;
- kivetési hiba.

Ezen hibák bármelyikének az előfordulása meglepheti a katonát, aki az akadályelhárítási folyamat közben nem megfelelő rutin vagy kapkodás következtében veszélybe sodorhatja saját magát vagy akár a társát.

Az első lövések leadásánál egyes katonák fegyvereinél akadály áll elő. „Tűz!” – vezényli ismét a foglalkozásvezető. Tétélezzük fel, hogy a katonák egy része gyorsan meg tudja találni az akadályok okát, és ki is tudja küszöbölni ezeket, viszont mások ezt nem tudják megcsinálni egyedül. Elsősorban utóbbiaknak kell segíteni megtalálni az akadályok okait, és kiküszöbölni ezeket, és csak később, amennyiben szükséges, lehet közölni, mi volt az akadály oka.

A lövészetre való felkészülés során a hibák modellezése jelentős kihívásokkal járt. Bizonyos alkatrészekkel kizárólag a fegyverjavító műhely rendelkezett és bizonyos javításokat kizárólag a fegyvermester cserélhetett.

Abban az esetben, ha a katona fegyverénél akadály áll elő a fegyver betöltése vagy elsütése idején, figyelemmel kell kísérni, hogy az adott katona milyen gyorsan küszöböli ki az akadályt, majd utána a katonának el kell tudnia mondani, mi volt az oka az akadálynak.

A fegyvereknél a hiba megjelenése és annak elhárításának a folyamata mögött jelentős üzemeltetési tapasztalat áll.

Az, hogy a fegyver koszos, és elakad a töltésnél vagy az ürítésnél, jelentős szakmai kihívást nem okoz, de egy hüvelykivonási vagy -kivetési hibának a szimulálása már jelentős kihívás.

Ezt a begyakorlást lehet végezni gyakorlólőszerrel vagy lőszer nélkül. A polgári sportlövők ezt hívják „szárazolásnak”, és az oktatási protokollok szerint végezhetők akár egy szobában, a mi esetünkben tanteremben. Ha nem rendelkezünk megfelelő mennyiségű gyakorlófegyverrel, akkor minden egyes hiba szimulálása jelentős szakmai és technikai erőforrást igényel, aminek nem minden egyes lőtér felel meg.

A 3D-nyomatás hadi alkalmazási lehetőségei sokszínűek. A katonai robbantástechnika tölteteinek alkatrészeinél már több esetben sikeresnek bizonyult a technológia,⁷ és a kiképzés támogatására rendkívül hasznos lehet.⁸ Bizonyos esetekben nincs rossz alkatrész, hanem ha az a helyére beépíthető, akkor ebben az esetben kiképzési célra rendkívül hasznosan használható. A 3D-nyomatás mint az alkatrészellátás egy módszere jelenleg rendkívül megosztja

⁷ EMBER 2022 és EMBER 2023.

⁸ KOVÁCS 2023.

a szakmát. A 3D-nyomtatáshoz felhasználható⁹ az összehasonlító matematikai modellek rendszere. Bizonyos alkatrészek, mint például a rugók, nem is nyomtathatók. Tehát a rugók öregedését ezzel a technológiával szimulálni nem tudjuk, de a meghibásodási hármásra minden esetben van megoldás.

Meghibásodási esetek, úgymint a

- törés;
- kopás;
- felverődés.

A törés, úgymint anyagfáradás, vagy a nem megfelelő mechanikai igénybevétel következtében sérülnek az alkatrészek. Ez bizonyos esetekben nem hallható és nem látható, csak a fegyver nem megfelelően működik. Itt letörhet az alkatrésznek egy kis része, vagy a teljes alkatrész eltörhet. Nagyobb a kihívás olyan hibák modellezésénél, mint a kopás vagy a felverődés. Ebben az esetben olyan összetett meghibásodások is modellezhetők, amelyeket bizonyos esetekben kizárólag a tankönyvek és a fegyverszabályzatok tartalmaznak.

Ebben az esetben nemcsak a kezelő (operátor), hanem a technikus (javító-) állomány esetében is jól használható ez a technológia. Az „életet” szimulálni nem lehet. De a szabályzatokban, leírásokban található kopások és felverődések jelentős része bemutatatható.

Az új elvárások figyelembevételével új kihívás jelent meg a hadsereg rendszerében: a rengeteg nyílt nap és polgári bemutató megtartása, azokon való részvétel. Az új beszerzésű és új típusú fegyverekből gyakorlóváltozat nem létezik, ezért ezeknek a fegyvereknek a nyilvános polgári bemutatókon történő megjelenítése plusz biztonsági kockázatot rejt minden szinten.

Az irányelv, amelyet követni kell a maximális biztonság figyelembevételével, hogy nem lehet tudni, kinek mi lapul a zsebében. A nyilvános bemutatókon is elengedhetetlen a fegyverek bemutatása, de minimálisra kell csökkenteni az esetleges „balesetek” kockázatát. Erre lett kitalálva az a „vakcső”, amelyet nem fűrtak ki, és sem töltényűrt, sem átmeneti kúpot és huzagolt részt nem tartalmaz. A jelenlegi törvényi előírások¹⁰ szerint nem fegyveralkatrész, mivel nem rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, amelyek alapján a hadiipari termék kategóriába lenne sorolható.¹¹



2. ábra: CZ P09 pisztolyhoz készített tömör műanyagból nyomtatott „vakcső”

Forrás: a szerző felvétele

⁹ GYARMATI 2006 és GYARMATI 2007.

¹⁰ 2005. évi CIX. törvény.

¹¹ 156/2017. (VI. 16.) Korm. rendelet.

Amint látszik, a fegyveralkatrész és a kiképzési szakanyag között jól elkülöníthető a határvonal és a különbség. A fegyvergyárak minden egyes feladatra gyártanak külön típusú, kategóriájú fegyvereket, ezeket feladat és használhatóság szempontjából az alábbiak szerint különböztethetjük meg:

- metszett;
- súlymakett;
- gyakorló;
- működő gyakorló;
- valamint éles.

A metszett fegyver eseti megrendelésre gyártott, a gyár termékpalettájában szereplő, egyes gyártók elmondása alapján éles fegyverből átalakított oktatási segédeszköz. Célja a fegyver működésének valós, kézzelfogható megismerése, az alkatrészek egymáshoz kapcsolódásának megértése. Ezt más célra használni nem szabad, mert a fegyver tömegének körülbelül 25%-a hiányzik, és a szét- és összeszerelés gyakorlása is problémás a kialakítása végett.

A modern súlymakettfegyverek már nem átalakított éles fegyverek, hanem egybeöntött és általában nem fém, hanem valamilyen műanyag- vagy gumialapúak. Ezeket a tömegük megnövelése szempontjából valamilyen „fémmag” köré fröccsentik, ezért nagyságra (hossza, szélessége, tömege) egyeznek az éles fegyverrel.

Itt lép be az a már emlegetett kategória, a gyakorló, illetve működő gyakorló, amelyben a 3D-nyomatásnak jelentős szerepe lehet a jövőben. Minden egyes kiképzési foglalkozáshoz, valamint feladathoz megfelelő anyagból (műanyag, esetleg fém) feladatspecifikus fegyver állítható elő, alakítható ki. Ebbe a feladatba bevonhatók azok az éles fegyverek is, amelyek ideiglenesen átalakíthatók működő gyakorlófegyverekké, amelyek a kiképzési feladat végeztével újra éles (hadi használható) fegyverekké visszaalakíthatók.

Ezzel megvan a katonának az az érzése, hogy nem műanyag „játékfegyvereken” történik a kiképzése. Minden egyes kiképzési foglalkozást azzal a fegyverrel hajt végre, amely a sajátja, és teljes mélységben megismerheti azokat a problémákat, amelyekkel éles helyzetben is szembesülhet.

Kiképzést biztosító és támogató speciális anyagok, szerszámok és tartozékok

A kiképzést támogató speciális anyagok közül egy olyan jelentős alkatrészt emelnék ki, amelyik eddig nem volt a hadseregben, és kiképzési eszközként történő megjelenése is új. Ez a 84 mm Carl Gustav M4 hátrasiklás nélküli fegyverrendszerhez tartozó lökeshullám-szimuláló patron. Ez az alkatrész a fegyverrendszerhez tartozó betétcső fontos eleme. Ennek segítségével szimulálja a betétcsőves rendszer a lőtéri és az éles gránát indulásának a kezelőre és a környezetre gyakorolt hatását. A betétcső használata sok gyakorlást és rutint igényel. Ehhez kapcsolódó kiképzési foglalkozások során az eszköz nagy segítséget ad, mivel:

- veszélyes anyagot nem tartalmaz;

- egy darabban előállítható;
- nem tartozik a haditechnikai termékek kategóriájába.

A másik jelentős terület a kiképzést támogató anyagok közül azoké a speciális szerszámoké, amelyek a fegyverek karbantartásához szükségesek.

Ezek a szerszámok alapvetően csomagban szerezhetők be, és esetleges pótlólagos beszerzésük rendkívül bonyolult.



3. ábra: A 84 mm Carl Gustav M4 hátrasiklás nélküli fegyverhez készített „Venturi csőtoldal” leszerelő kulcsa (műanyagból és fémből nyomtatva)

Forrás: a szerző felvétele

Ezeknek a szerszámoknak az alapvető előnyei az alábbiakban foglalhatók össze:

- kialakításuk illeszthető a rendelkezésre álló speciális szerszámkészletekhez;
- ezek a szerszámok a szerszámkészlet változtatása után rugalmasan alakíthatók;
- valamint a legfontosabb, hogy esetleges elvesztésük után rugalmasan pótolhatók.

A legfontosabb javítási és ellátási irányelvnek megfelelnek, azaz attól még, hogy a katona az elveszett szerszámot kifizette, a káreljárási jegyzőkönyvvel nem lehet a hibát elhárítani, a csavart ki-, illetve becsavarni.

Összefoglalás

A fegyverek anyagismerete oktatásának és a lökiképzésnek a biztonsága alapvető elvárás. Ez nem mehet semminek a rovására. Ennek jelentős részét képezi a kiképzéshez felhasznált anyagok mindenoldalú biztosítása, valamint az ellátási biztonság garantálása.

A 3D-nyomatás olyan lehetőséget biztosít az oktatást és kiképzést nyújtó katonai szervezeteknek és tanintézményeknek, amelyet a fegyvergyártó cégek nem tudnak közvetlenül lekövetni és támogatni. Bizonyos esetekben támaszkodni kell a helyben előállítható, illetve alakulatszinten vagy az utalt javítóbazison, alakulatnál előállított alkatrészekre és szerszámokra.

Azt, hogy ezek a felmerülő igények mennyire fedik le lehetőségeket, még előre nem lehet megmondani. Itt figyelembe kell venni, hogy az alkatrészeket műanyagból vagy fémből nyomtassák. Ezek mennyire legyenek a fegyvertől eltérő vagy azonos színűek, az alkatrészek utólagos megmunkálása szükséges-e, vagy nem? Az utólagos hidegbarnítással és 3D-nyomatás segítségével akár az eredeti alkatrészekkel teljesen megegyező alkatrészek is nyomtathatók.

A cikk a TKP2021-NVA-16 számú project az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Felhasznált irodalom

- BALCEROWICZ, Boleslaw (1976): Lövészeti gyakorlatok. *Honvédségi Szemle*, (4) 97.
- GYARMATI József (2006): A nehézpuskát jellemző szempontok fontosságát kifejező súlyszámok számítása és statisztikai vizsgálata. *Haditechnika*, 40(2), 11–16.
- GYARMATI József (2007): Döntési modell kialakítása közbeszerzési eljárás során. *Hadmérnök*, (2–3), 36–52.
- GYARMATI József (2023): Láncfalpas jármű kormányzása és ennek 3D-modellezése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(3), 51–61. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.5>
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő (2023): Láncfalpas harcjárművek kormányzása: (Kanyarodási elv szerinti csoportosítás, ívmenet során adódó sebességviszonyok és a meghajtó kerekekre ható erők). *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(1), 117–132. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.9>
- EMBER István (2022): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- EMBER István (2023): Polimer kumulatív kúpok additív gyártásának kihívásai. In DARUKA Norbert et al. (szerk.): *II. Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2023*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 85–93.
- KOVÁCS Zoltán (2023): 3D-nyomatás és felhasználása a katonai robbantástechnika oktatásában. In DARUKA Norbert et al. (szerk.): *II. Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2023*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 94–103.
- ODLER János (1963): Az egyes katonai bűntettek indítékairól. *Honvédségi Szemle*, (11), 134.
- SÜVEG Ignác (1962): Fegyverbalesetek megelőzése – lőtérfigyelem. *Honvédségi Szemle*, (8), 76–78.

Jogi források

2004. évi XXIV. törvény a lőfegyverekről és lőszerkekről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400024.tv>
2005. évi CIX. törvény a haditechnikai termékek gyártásának és a haditechnikai szolgáltatások nyújtásának engedélyezéséről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500109.tv>
- 156/2017. (VI. 16.) Korm. rendelet a haditechnikai tevékenység engedélyezésének és a vállalkozások tanúsításának részletes szabályairól. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1700156.kor>