

37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2025. április 22–24.
Nemzeti Közsolgálati Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar

A 3D nyomtatási technológiák alkalmazása és kockázatai a fegyvergyártásban

Jelige: *FZH732*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2023.11.14.

2024.

Tartalomjegyzék

1. Bevezető.....	3
1.1 A kutatási téma aktualitása	3
1.2 A kutatás felépítése és kiemelt kérdéskörök.....	5
1.3 Kutatási kérdések.....	7
2. A 3D nyomtatás technológiája és fejlődési tendenciái	8
3. A technológia védelmi alkalmazása, annak előnyei	11
3.1 Powder Bed Fusion (PBF).....	12
3.2 Binder Jetting (BJ).....	13
3.3 Nanoparticle Jetting (NPJ).....	14
4. A 3D nyomtatással házilagosan gyártott fegyverek	16
4.1 Kezdeti törekvések, az első 3D nyomtatott lőfegyver.....	16
4.2 A 3D nyomtatott lőfegyverek második generációja, a Deterrence Dispensed és ismert egyéni tervezők munkássága	19
4.3 Az FGC-9 megjelenése, jelentősége, és technikai aspektusai	21
5. A 3D nyomtatott fegyverek megjelenése a bűnözésben – esettanulmányok.....	24
5.1 A 3D nyomtatott lőfegyverek megjelenése az európai kontinensen, a Halle városi támadás	24
5.2 Az eddig felderített legnagyobb illegális fegyverüzemek eseteinek bemutatása	26
5.3 A 3D nyomtatás alkalmazása a mianmari polgárháború során	29
6. Befejezés.....	33
6.1 Összegzés.....	33
6.2 Kutatási kérdések megválaszolása	34
6.2.1 Első kutatási kérdés	34
6.2.2 Második kutatási kérdés.....	34
6.3 Eredmények várható hasznossága	36
Irodalomjegyzék.....	37

1. BEVEZETŐ

1.1 A kutatási téma aktualitása

A 21. században a kutatás fejlesztés és innováció (K+F+I) területén dinamikus változások figyelhetők meg, amelyet elsősorban a technológiai fejlődés legújabb eredményei indukáltak, és az azokhoz való széleskörű hozzáférés tett lehetővé. A startupok világának bővülése, illetve az általuk elért eredmények ritmusváltásra kényszerítették a hagyományos fejlesztési központokat, nagy ipari szereplőket is, így a fejlődés folyamata öngerjesztő jelleget öltött. Ennek sebességét ma már elsősorban a véges erőforrások, az alapanyagokhoz való hozzáférés lehetőségei, és nem pedig az emberi kreativitás korlátai határozzák meg. Ez a tendencia egyrészt új lehetőségeket teremt a világgazdaság számos meghatározó szektorában, ugyanakkor a folyamatosan megújuló, valamint egyre-másra megjelenő forradalmi (diszruptív) technológiák egyre nagyobb biztonsági kockázatot is jelentenek, ha az azokat felhasználók szándékai megkérdőjelezhetők (rosszindulatú, ártócélu). Gondoljunk csak a mesterséges intelligenciára, a dróntechnológiára, vagy éppen az additív gyártástechnológiákra, a 3D nyomtatásra.

A 3D nyomtatás technológiájának alkalmazása az improvizált lőfegyverek gyártásában ugyan már 2013 óta foglalkoztatta a szakmai közéletet, a nemzetbiztonsági szolgálatokat és rendőri szerveket egyaránt¹, Európában ismertté vált és dokumentált eseményre ezen a területen csak 2019-ben, a németországi Halle városában került sor.² Október 9-én a szélsőjobboldali Stephen Balliet egy, két ember életét követelő támadást hajtott végre a város egyik zsinagógája előtt, melynek során egy „Luty” jellegű, részeiben 3D nyomtatott kilencmilliméteres-kaliberű lőfegyvert is alkalmazni kívánt.³

Kutatásom során elsősorban azon kézilőfegyverekre – valamint a körülöttük szerveződő decentralizált közösségekre – összpontosítottam, amelyeket a 3D nyomtatás rohamos fejlődése és a megvalósítható 3D modellek hozzáférhetővé válása szinte bárki számára elérhetővé és alacsony költséggel előállíthatóvá tett, ezáltal megnyitva az improvizált (házi készítésű)

¹ Walther, G., 2014. *Printing Insecurity? The Security Implications of 3D-Printing of Weapons.*, Párizs: Springer.

² Dearden, L., 2019. *Use of 3D printed guns in German synagogue shooting must act as warning to security services, experts say*, London

³ Jackson, B., 2019. *INTERVIEW WITH THE ICSR: A 3D PRINTED GUN WAS NOT USED IN THE HALLE TERROR ATTACK*, New York

lőfegyverek történetének egy új fejezetét. Ugyanakkor nem mehetünk el amellett sem, hogy mára a kapcsolódó technológiák alkalmazhatósága már messze túlmutat a prototípusgyártás és az otthoni kísérletezés keretein, ezért dolgozatomban szükségesnek tartottam kitérni azok védelmi célú, professzionális felhasználásának lehetőségeire is.

Célszerű az elején megjegyezni, hogy az ilyen technológiák felhasználásával előállítható lőfegyverek jelentős része esetén az alkatrészek nem teljeskörűen készíthetők el a legelterjedtebben használt műanyagokból (pl.: PLA,⁴ PETG,⁵ ABS⁶)⁷, vagy szálerősített kompozit anyagokból. Elsősorban a jelentős erő-, illetve hőhatásoknak ki nem tett részekységek – mint például a tokozat, tus, markolat vagy tár – állíthatók elő hatékonyan ilyen módszerekkel, illetve alapanyagokból. Ennek ellenére azonban ez továbbra is lehetségessé teszi különböző kaliberű, reteszelésű (tömeggáras, vagy forgógáras) maroklőfegyverek (pl.: 9 mm), vagy karabélyok (pl.: 223Rem 7.62x39mm) házilagos legyártását, amelyekhez a szükséges tervek, 3D modellek, valamint a jelentősebb erőhatásnak kitett, kritikus alkatrészek (fegyvercső, és a tömeggár az egyszerűbb konstrukciók esetén) elkészítéséhez szükséges részletes utasítások elérhetők a világháló eldugott, mégis nyíltan hozzáférhető oldalain. A korábban jól felszerelt műhelyt igénylő megmunkálási folyamatok kiválthatók akár egy olcsó, hobbi célú 3D nyomtatóval, valamint a fegyvercső huzagolásához szükséges, elektrokémiai megmunkálásra (Electrochemical Machining, ECM)⁸ alkalmas tárolóval, például egy közönséges hordóval.⁹

Ezen lőfegyvereket nem elsősorban technológiai fejlettségük, vagy „pusztítóerejük” teszi igazán komoly fenyegetéssé, hanem az, hogy szériaszám és a fegyvercsempészetre jellemző logisztikai útvonalak hiányában szinte teljesen lekövethetetlené válnak a hatóságok számára. A problémát csak tovább súlyosbítja, hogy a „tiltott gyümölcs” effektusra épülve, valamint az Amerikai Egyesült Államokban uralkodó belpolitikai légkört kihasználva kialakult egy decentralizált, több ezer aktív taggal rendelkező közösség is, mely az ilyen módszerekkel előállítható fegyverek kutatásával, fejlesztésével, és fedett módszerekkel történő legyártásával foglalkozik legális, illetve illegális felhasználási célokra egyaránt.¹⁰ A tagok folyamatosan fejlesztik a lőfegyverek elkészítéséhez szükséges modelleket, módosítják és megosztják egymással és érdeklődő ismerőseikkel az azok nyomtatásához szükséges fájlokat, ezzel is

4 „Polylactic Acid”, magyarul politejsav

5 „polyethylene terephthalate glycol”, magyarul polietilén-tereftalát-glikol

6 „Acrylonitrile butadiene styrene”, magyarul akrilnitril-butadién-sztirol

7 Turney, D., 2023. *What Material Does a 3D Printer Use? Plastic, Metal, and More.* [Online]

8 Gray, T., 2009. Carve steel with salt water, electricity, and a tin earring. *Popular Science*.

9 Kelly, K., 2020. The 3D-Printed Gun Isn't Coming. It's Already Here.. *GEN.Medium*, Augusztus 13.

10 Barton, C. & Brownlee, C., 2021. What Are 3D-Printed Guns, and Why Are They Controversial?. *The Trace*, Február 2.

terjesztve az egyéni, vagy csoportos szinten megjelenő „alanyi jogú, lekövethetetlen fegyvertartás” ideológiáját, politikai beállítottságtól függetlenül. Ezen nemhivatalos (törvényen kívüli), vezető nélküli, gyakorlatilag felszámolhatatlan fejlesztőközösségek (mint például a legismertebb „Deterrence Dispensed”) helyettesítik a korábban még elengedhetetlen szaktudást, amelyre egy működőképes lőfegyver előállításához eddig szükség volt.¹¹

A fenti jelenség, illetve az ennek hatására az online platformokon terjedő információk sajnálatos módon termékeny táptalajnak bizonyulnak különböző szélsőséges csoportok, vagy terrorista szervezetek – mint például a dzsihadista Hamasz, vagy a radikálisan jobboldali „Atomwaffen Hadosztály” – számára, eszköztáruk bővítése során.¹²

A gyártástechnológia utóbbi két évtizedben történt rohamos fejlődésének eredményeképp így egyfajta folyamatos „macska-egér” játék alakult ki, melynek egyik oldalán a gyártástechnológia ellenőrzésére törekvő hatóságok, rendvédelmi és biztonsági szervezetek, másik oldalán pedig a szólás, a digitális tartalmak, és a kézilőfegyverek tartásának szabadságát hirdető, szándékosan kártékony, vagy éppen hobbijuk útján közvetett módon „kárt okozó” csoportok állnak.

Dolgozatomban arra törekszem egyrészt, hogy feltárjam a fenti folyamatok által jelentett kihívásokat, fenyegetéseket, és kockázatokat, másrészt, hogy felhívjam a figyelmet a 3D nyomtatás technológiájának védelmi célú felhasználásának fontosságára, az ebben rejlő lehetőségek hazai kiaknázása érdekében.

Célom, hogy érdemben hozzájáruljak ezen izgalmas terület kutatásához, az eredmények bővítéséhez, támogatva a technológia helyes felhasználásának módjait, valamint, hogy segédkezhessenek olyan megoldások kidolgozásában, amelyek adekvátan képesek minimalizálni a 3D nyomtatott kézilőfegyverekkel kapcsolatos biztonsági kockázatokat a lehető legkisebb jogi korlátozások mellett.

1.2 A kutatás felépítése és kiemelt kérdéskörök

A dolgozatot négy fejezetre osztottam. Az első fejezetben ismertetem a 3D nyomtatás fogalmát, elhelyezem a technológiát az additív gyártási folyamatok világában, valamint bemutatom annak fejlődési folyamatát és működési elveit. Bemutatásra kerül a módszer történelmi háttere egészen az 1980-as évektől, ismertetve Charles Hull, Carl Deckard, és Scott Crump munkásságát, és annak szerepét a ma ismert 3D nyomtatás fejlődésének tekintetében.

¹¹ (Walther, 2014)

¹² Woods, E., 2020. Right-Wing Extremists’ New Weapon. *Lawfare*, Március 15.

Kiemelt figyelmet szentelek a technológia napjainkban ismert, otthon is alkalmazható formájának kialakulására.

Dolgozatom második fejezetében rátérek a 3D nyomtatás védelmi alkalmazhatóságának vizsgálatára. Sor kerül a három általam kiválasztott eljárásforma, a porágy-alapú (Powder Bed Fusion), kötőanyagsugaras (Binder Jetting), valamint a nanorészecske-jettingelő (Nanoparticle Jetting) technológiák bemutatására, illetve azok hagyományos gyártási folyamatokkal szembeni előnyeinek és hátrányainak vizsgálatára. Ismertetem a 3D fémnyomtatás technikai, valamint mechanikai jellemzőit, egyidejűleg példákat mutatva azok hivatalos, külföldön történő védelmi célú alkalmazására is.

Munkám harmadik fejezetében rátérek kutatásom gerincére, és a 3D nyomtatás segítségével házilagosan gyártott kézilőfegyvereket veszem górcső alá. A fejezet első részében ismertetem Cody Wilson, valamint a „Defense Distributed” vállalat munkásságát, valamint az első 3D nyomtatott fegyver, a „Liberator” technológiai és ideológiai hátterét. Vizsgálom emellett a demonstrációként alapított vállalat cenzúrával való találkozását, pereskedéseit az amerikai Külügyminisztériummal, valamint vitathatatlan szerepét a mai, korlátlan és követhetetlen fegyvertartást követelő tervezőcsoportok (legfőképpen a „Deterrence Dispensed”) megalakulásában.

A fejezet második részében a 2010-es évek végén megalakult Deterrence Dispensed tevékenységét, működési módját, szervezeti struktúráját, valamint ismert kiemelkedő tagjait vizsgálom. Kitérek a közösség kommunikációs csatornáira, főbb tervezési projektjeire, ideológiai hátterére, valamint megalakulásának körülményeire is.

A fejezetben végezetül a Deterrence Dispensed által megjelentetett legelterjedtebb 3D nyomtatás segítségével elkészíthető lőfegyvert, az „FGC-9” kilencmilliméteres karabélyt vizsgálom. Részletesen elemzem annak felépítését, működésének, valamint elkészítésének módját, és elterjedtségének mértékét. Céлом a karabély elkészítésének egyszerűségét, ezáltal pedig biztonsági kockázatának mértékét vizsgálni. Mindezek mellett összevetem a 3D nyomtatott kézilőfegyver-kultúra képviselői véleményeinek megoszlását az Amerikai Egyesült Államok, illetve Európa területén, valamint áttekintem a 3D nyomtatott lőfegyverekkel kapcsolatos letartóztatások eloszlását, összehasonlítva az amerikai kontinensen és Európában történt esetek számát.

Utolsó, negyedik fejezetemben esettanulmányok útján vizsgálom a 3D nyomtatás segítségével gyártott lőfegyverek eddigi előfordulási tipológiáját. Elsőként a fegyverek európai vonatkozású első, terrortámadással összeköthető előfordulását, a Halle városi lövöldözést vizsgálom a támadásról elérhető sajtóközlemények, valamint a támadó által élőben közvetített

videóanyag alapján, majd az európai kontinensen felderített legnagyobb fegyverüzemek eseteinek vizsgálatával folytatom az Europol, Eurojust, valamint más, európai vonatkozású rendvédelmi szervek hozzáférhető adatait felhasználva. Végezetül a 3D nyomtatott lőfegyverek (leggyakrabban az FGC-9 konstrukció) mianmari polgárháború során történt alkalmazását, és a konfliktus során folyamatosan fejlődő szerepét elemzem a felkelőcsoportok tagjai által külön tett, illetve a szervezetek saját nyilatkozatai, illetve támadásaikról megjelent sajtóanyagok alapján.

1.3 Kutatási kérdések

Dolgozatomban két kutatási kérdést állítottam fel, melyek a következők:

1. *Biztonsági kockázatnak számítanak-e a 3D nyomtatás segítségével létrehozott lőfegyverek?* Dolgozatomban megvizsgálom a 3D nyomtatott lőfegyverek elkészítési metodikáját, valamint az elkészítésükhöz szükséges internetes tartalmak (köztük fájlok), nyersanyagok, és tudás elérhetőségét. Amennyiben megállapítható, hogy ezen, a 3D nyomtatott lőfegyverek elkészítéséhez szükséges lépések a laikus, előképzettséggel nem rendelkező személyek által is végrehajthatók, kutatási kérdésem igenlő válasszal zárom.
2. *Lehetséges-e a hatékony, gyakorlatban is kivitelezhető fellépés ezen lőfegyverek elterjedése ellen?* Kutatásom során áttekintem a rendelkezésemre álló rendészeti és biztonsági szervek által tett nyilatkozatokat, illetve a különböző fejlesztőcsoportok nyilvános állításait a 3D nyomtatott lőfegyverek korlátozásának kérdéséről. Mindezek mellett saját nézőpontom szerint is elemzem a kérdéskört. Amennyiben a lőfegyverek előállításának folyamatát kivitelezhető módon, érvényesen gátló eljárasmódot sikerül felfedeznem, abban az esetben második kérdésemet igenlő válasszal zárom.

2. A 3D NYOMTATÁS TECHNOLÓGIÁJA ÉS FEJLŐDÉSI TENDENCIÁI

A 3D nyomtatás az additív gyártástechnológia 21. századi módszereinek gyűjtőfogalma, olyan eljárás, amely lehetővé teszi háromdimenziós objektumok felépítését számítógépes 3D modellek alapján. A technológia lényege, hogy a tervezett objektumot számítógépes úton először többszáz, esetenként több ezer apró függőlegesen elválasztott rétegre bontjuk, majd azok felhasználásával a kiválasztott munkagép az alaprételtől kezdve rétegről-rétegre építi fel azt egy vízszintes munkalapra. Ez a leírás a két leggyakoribb eljárásra, a sztereolitográfias (Stereolithography, rövidítve „SLA”)¹³ és a szálhúzásos (Fused Deposition Modeling, rövidítve „FDM”)¹⁴ additív gyártási folyamatokra egyaránt érvényes, és kutatásom során is erre a két, dolgozatom tárgya szempontjából legrelevánsabb technológiára fókuszáltam. A 3D nyomtatás tehát a hagyományos leválasztó, vagy szubtraktív gyártási eljárásokkal – mint például a forgácsolás, vagy marás – ellentétben egy inverz folyamatot feltételez, melynek során egyrészt jelentősen csökken a keletkező hulladék mennyisége, másrészt lényegesen megnövekszik a tervezés szabadságfoka.¹⁵

A 3D nyomtatás fogalma az 1980-as évek elején született meg Charles Hull amerikai mérnök úttörő munkája révén, aki először határozta meg a sztereolitográfia fogalmát, és alkalmazta azt a gyakorlatban. Hull 1983-ban nyújtotta be igényét az első sztereolitográfias technológiát alkalmazó szabadalomra, melynek alapja a fotopolimerek (fényre megszilárduló műanyagok) alkalmazása volt egy létrehozni kívánt tárgy vízszintes, rétegenkénti felépítésére.^{16,17} A felfedezés elsőként tette lehetővé háromdimenziós tárgyak additív létrehozását digitális modellekből, jelentősen költség- és időhatékonyabbá téve a prototípusgyártási folyamatot. A szabadalomban bemutatott eljárás több (mint például a csak vizuális szempontból mérvadó) rendeltetési körben szükségtelenné tette próbadarok forgácsolással történő előállítását.

Ugyanebben az évtizedben, az 1980-as évek végén Carl Deckard és Scott Crump egymástól függetlenül két másik jelentős 3D nyomtatási technológiára nyújtottak be szabadalmat: a szelektív lézeres szinterezésre (SLS, vagy Selective Laser Sintering)¹⁸, és a

¹³ Márk, F., 2022. *Zaccord.com*. [Online]

¹⁴ Linke, R., 2017. *Additive manufacturing, explained*, Cambridge: MIT.

¹⁵ Németh, A. & Gál, B., 2019. Additív Gyártástechnológiák Katonai Alkalmazásának Vizsgálata, Különös Tekintettel a Katonai Elektronika Területére. *Hadmérnök*, pp. 231-249.

¹⁶ Anon., 2023. *Pioneers of Printing: Chuck Hull and the Beginning of 3D Printing*.

¹⁴ Hull, C. W., 1984. Egyesült Államok, Szabadalom száma: US4575330A.

¹⁸ Deckard, C. R., 1987. Egyesült Államok, Szabadalom száma: US5597589A.

szálhúzásos 3D nyomtatásra (Fused Deposition Modeling)¹⁹. Az SLS célzott lézersugarakat alkalmaz por állagú anyagok térben történő szelektív (célzott) összeolvasztására, míg az FDM hőre lágyuló polimerek vízszintes munkalapra történő rétegenkénti extrudálásának (kipréselésének) elvén működik. Ezen három gyártási eljárás megjelenése jelentette az additív ipari módszerek elterjedésének hajnalát.

Az 1990-es években a 3D nyomtatási technológiák egyre nagyobb figyelmet kaptak a termékfejlesztési folyamatok hatékonyabbá tételére törekvő ipari szereplők részéről. Az olyan vállalatok, mint a Scott Crump által alapított Stratasys, és a Charles Hull által indított 3D Systems kulcsszerepet játszottak a technológia finomításában és kereskedelmi forgalomba helyezésében. Ahogy a 3D nyomtatók napról-napra elérhetőbbé váltak, egyre szélesebb körben alkalmazták azokat gyors prototípuskészítésre és tervek ellenőrzésére. A technológia fentebb említett költség- és időhatékonyságának köszönhetően már korai formájában is előnyökkel ruházta fel azokat a vállalatokat, melyek a magas előzetes beruházási költségek ellenére annak alkalmazása mellett döntöttek.

A nyomtatásra felhasznált anyagok és gépek folyamatos fejlődésével a 2000-es évek elejére az ipari 3D nyomtatás köre túlterjedt a prototípusgyártáson, és belépett a végfelhasználásra szánt, működőképes alkatrészek gyártásának piacára. Az összetett, például spirál, üreges, vagy porózus geometriai formák kedvezőbb anyagtulajdonságokkal való legyártásának lehetősége alkalmassá tette különösen a repülőgépipar, az autóipar és az egészségügyi ipar területén való specializált alkalmazásra. Az üzemi folyamatokba történő tényleges integrálásra ugyan még éveket kellett várni, de ipari szemmel számottevő vállalat kezdte feltérképezni a gyorsan személyre szabható, könnyített szerkezeti elemek additív gyártással történő előállításának előnyeit.²⁰

Mindezeket áttekintve azonban a 3D nyomtatás alapvető szabadalmainak lejárata játszotta a legjelentősebb szerepet a technológia kereskedelmi forgalomba helyezésében és széles körű elterjedésében. Az Amerikai Egyesült Államokban a szabadalmak érvényességi ideje általában a benyújtásuk időpontjától számított 20 év, ami azt jelentette, hogy egészen 2002-től a 2010-es évek első feléig számos, általánosságban a 3D nyomtatásra és egyes részfolyamataira, valamint a Charles Hull által a sztereolitográfiára, a Scott Crump által pedig szálhúzásos 3D nyomtatásra elfogadott szabadalmak érvényessége lejárt. Amint ezek a szabadalmak közkinccsé váltak, megnyílt az út a nagyvállalati verseny, és az ezáltal szült

¹⁹ Crump, S. S., 1989. Egyesült Államok, Szabadalom száma: US5121329A.

²⁰ (Linke, 2017)

radikálisan gyors innováció előtt. Mindezen folyamatok eredményeképp a különböző additív gyártási folyamatok köré addig felépült monopólium megszűnt. Az eljárások fejlesztése továbbra is folytatódott, azonban előtérbe került a 3D nyomtatás otthoni felhasználása.²¹

Példaként megemlíteném a szálhúzásos nyomtatás szabadalma lejáratának egyik következményét. 2009-ben az átlagos FDM 3D nyomtató ára \$10,000-ról a tizedére esett amiatt, hogy az egyre-másra megjelenő additív gyártással foglalkozó vállalatok, mint például az Ultimaker, vagy MakerBot, egymással versengve vitték piacra készülékeiket az átlagos embernek is elérhető, laikus ember számára is egyszerűen használható formában. A 2010-es évek ezáltal a minőségi, asztali 3D nyomtatók korszakává vált. Dolgozatom témájának tekintetében kiemelném a 2018 márciusában kiadott Creality Ender 3 nyomtatót, amely 200\$-os árával mai napig az otthoni felhasználású gépek legnépszerűbbjének számít. Alacsony árával és alacsony karbantartási igényével akárkinék elérhetővé tette a használható minőséget képviselő, megbízható additív gyártást.²² Napjainkban a legtöbb 3D nyomtatás segítségével legyártott fegyveralkatrész is ezen nyomtatók munkaasztalairól kerül a végfelhasználók kezei közé.²³

²¹ Schoffer, F., 2016. How expiring patents are ushering in the next generation of 3D printing. *TechCrunch*, Május 16.

²² Anon., 2016. Top 10 things that were 3D printed in 2009. *Sculpteo*, November 2.

²³ TTAG, 2020. *DIY guns, part 1: An intro to modern 3D printing and making your own firearm*.

3. A TECHNOLÓGIA VÉDELMI ALKALMAZÁSA, ANNAK ELŐNYEI

A 3D nyomtatás elterjedése által teremtett kockázatok bemutatása előtt mindenképpen érinteni szeretném a különböző additív gyártási folyamatok védelmi célú felhasználásának lehetőségeit, alkalmazási módjait, és azok előnyeit a hagyományos gyártási módszerekkel szemben.

Az additív gyártás előnyös ismérvei, mint például a testeszabhatóság, anyag-, idő-, és költséghatékonyság, valamint felhasználóbarát alkalmazáshatóság jelentős előnyökkel ruházhatja fel azon államok védelmi szektorát, melyek azt először tudják hatékonyan, időszerűen, és zökkenésmentesen beépíteni hadiiparuk működésébe. Azok a vonások, melyek kártékony szándékkal társulva biztonsági kockázatot jelenthetnek, tábori környezetben értékessé válnak, legyen az a komplex geometriák pontos és strapabíró legyártása, a decentralizált, logisztikai vonalak nélküli működés és kritikus alkatrészgyártás, vagy a rövid határidővel változtatható tervek, majd az azonnali prototípusgyártás lehetősége. Az additív gyártási technológiák egyaránt helyet érdemelnek a védelmi szektor gyártósorain, valamint a műveleti terület közvetlen közelében is.²⁴

A védelmi célokra jelenleg használt additív gyártástechnológiák legtöbbje a 3D fémnyomtatás különböző formáiban merül ki, melyek közül dolgozatomban három fő technológiát emelek ki: a „porágy-alapú” (Powder Bed Fusion),²⁵ „jettingelő” (Binder Jetting),²⁶ valamint a „nanorészecskés jettingelő” (Nanoparticle Jetting)²⁷ technológiákat. A fémnyomtatás mellett persze az FDM szálolvasztásos, vagy az SLS fotopolimereket UV sugarakkal megszilárdító módszerei is jelen vannak, azonban jelentősen alacsonyabb gyártásszámban, és kisebb projektek keretein belül. Ez feltehetően a 3D fémnyomtatási technikák által nyújtott magasabb minőségű, befektetett tőkét mérlegelve kritikusabb szerepet betölteni képes végtermékeknek köszönhető.²⁸

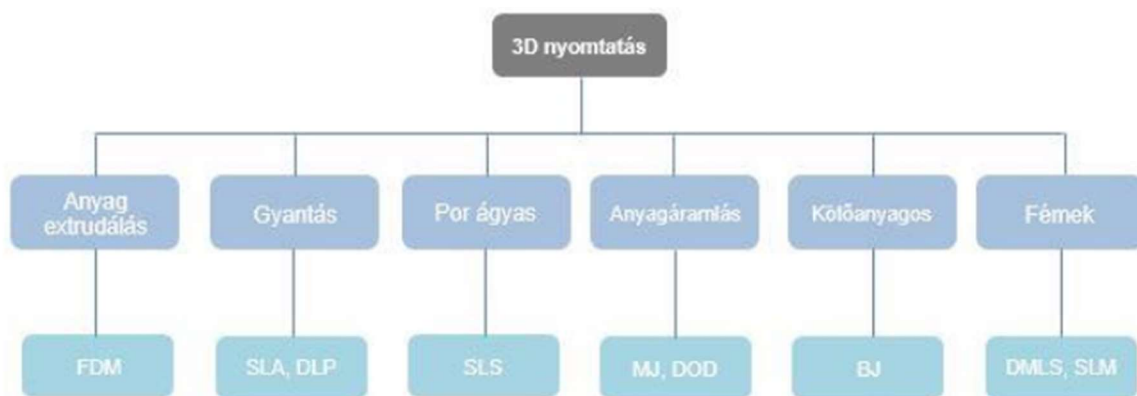
²⁴ Huskamp, C., 2021. *3D Printing is the Future of Aerospace & Defense Manufacturing*, Albuquerque: ismeretlen kiadó

²⁵ Lead, 2021. Powder Bed Fusion. *Additive Manufacturing Research Group*.

²⁶ (Anon., 2021)

²⁷ Hendrixson, S., 2022. *AM 101: NanoParticle Jetting (NPJ)*, Cincinnati: Gardner Business Media Inc.

²⁸ (Huskamp, 2021)



1. ábra: A 3D nyomtatás halmazának részei ²⁹

3.1 Powder Bed Fusion (PBF)

A porágy-alapú technológiát alkalmazó eljárások, mint például a szelektív lézeres olvasztás (Selective Laser Melting, „SLM”)³⁰, szelektív lézeres szinterezés (Selective Laser Sintering, „SLS”) és az elektronsugaras olvasztás (Electron Beam Melting, rövidítve EBM) során lézer- vagy elektronsugárral olvasztják (az SLM és EBM esetében), vagy hevítik fel (az SLS esetében) az alkalmazott anyagport, molekuláris szinten egyesítve azt a gépben elhelyezkedő vízszintes ágy felületén. Ellentétben az egyszerűbb additív eljárásokkal, az elektronsugaras olvasztás folyamata vákuumot igényel, azonban mind fémek, mind ötvözetek esetében alkalmazható különböző, végfelhasználásra alkalmas alkatrészek létrehozására. Minden PBF-eljárás során a finomszemcsés poranyagot a kívánt rétegvastagsághoz igazítva a ciklusban előzőleg elkészült rétegek fölé terítik, így egy újabb lézer, vagy elektronsugárral pásztázható porréteget létrehozva, melyből a kívánt tárgy építése tovább folytatódhat ismétlődő rendszerben. A ciklus befejeződését, majd újbóli megkezdését többek között a gépben elhelyezett görgők, valamint penge teszi lehetővé. A friss alapanyag-utánpótlást a vízszintes ágy alatt, vagy mellett elhelyezett tartály, esetenként tölcser biztosítja. A technológia sokoldalúságát mutatja, hogy a PBF-alapú „közvetlen fémlézeres szinterezés” (Direct Metal Laser Sintering, DMLS) szinte azonos az előbb már említett „SLA” technikával, azonban abban nem műanyagokat/fotopolimereket, hanem finom fémport alkalmazunk.³¹

²⁹ Balogh, B., Kovács, P. Z. & Szávai, S., 2019. Szimulációs eljárással támogatott 3D nyomtatás. Multidiszciplináris tudományok, 9(4), p. 535. Hozzáférés ideje: 2023.11.14.

³⁰ Solutions, S., dátum nélk. Additive Manufacturing. [Online]

³¹ (Lead, 2021)

Az előbb említett porágy-alapú, rétegről-rétegre haladó technológiák egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek, mivel képesek kiemelkedő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, különböző bonyolult formákkal tűzdelt fémalkatrészek időszerű előállítására, már tábori körülmények között is. A védelmi iparban a PBF eljárások előnye, hogy komplex, és könnyű alkatrészeket képes előállítani légi- és űrtechnikai, valamint szárazföldi telepítésű rendszerek számára, biztosítva az optimális szerkezeti integritást jelentősen kevesebb anyaghasználat mellett.³² Ezek a rendszerek rétegszerű megközelítése megkönnyíti a különböző belső járatok és rácsszerkezetek kialakítását, lehetővé téve a munkadarab könnyítését, vagy a hő hatékonyabb elvezetését az olyan nagy teljesítményt igénylő alkalmazások esetében, mint például a jelentős hőhatásnak kitett hajtóműrendszerek.

Az eljárás előnyei ellenére ki kell emelnem, hogy a „kád”-ban (a megolvasztandó port tartalmazó munkafelületben) visszamaradott poranyag eltávolításához, és a kívánt felületkezelés eléréséhez szükséges utómunka időigényes folyamat lehet, melyet a hadiipari termelésben való alkalmazás előtt körültekintően kell kezelni. Mindezek mellett azonban megállapítható, hogy a technológia műveleti területen, tábori környezetben történő alkalmazása lehetséges, és akár harcjárművek kritikusan fontos alkatrészeinek legyártására is alkalmas.

3.2 Binder Jetting (BJ)

A 3D fémnyomtatás következő lehetséges módja a „Binder Jetting”, úgynevezett „jettingelő”, vagy kötőanyagsugaras nyomtatási technológia,³³ melynek munkafolyamata során a 3D nyomtató fémből, polimerből, vagy kerámiából álló finom porrétet helyez a munkalapra, amire aztán egy színtelen, vagy színezett ragasztóanyagot szór, létrehozva a bevitt digitális modell „szeleteinek” egyikét. Miután a vízszintes porágy a rétegvastagsággal egyenlő szintet süllyedt, a ciklus újrakezdődik. Ez a módszer is igényel utómunkát, hiszen a végtermékből szükséges eltávolítani az alkalmazott ragasztóanyagot kemencés hevítés útján. A hevítés véglegesíti az alkalmazott poranyag részecskéinek összekapcsolódását, homogén testté téve az eredetileg gyengébb tűrőképességű, porózus tárgyat.³⁴

Mivel a ragasztóanyag színezhető, a létrejött részletes tárgy felhasználható olyan szerepkörben is, ahol egy esetlegesen FDM nyomtatással készült, majd azt követően befestett modell nem felelne meg különböző környezeti behatások miatt. Mindezek mellett minden

³² (Németh & Gál , 2019)

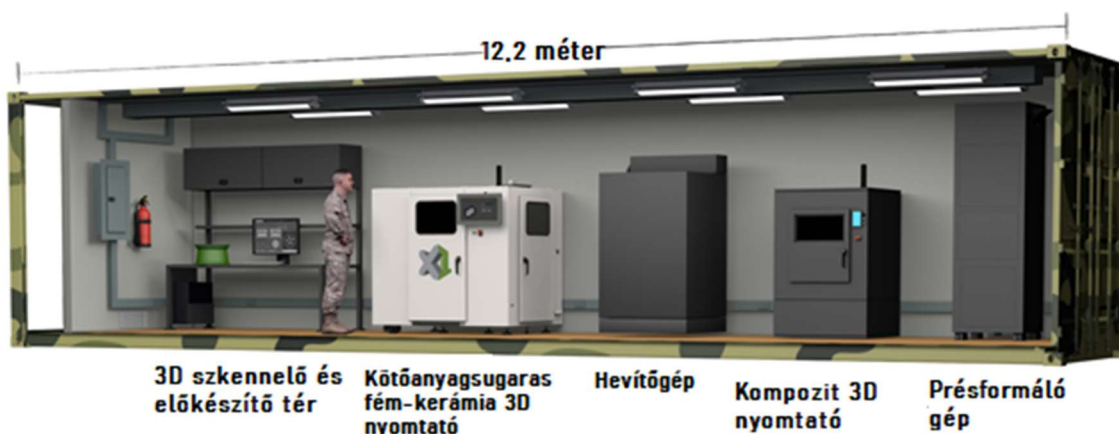
³³ (Anon., 2021)

³⁴ (Anon., 2021)

alkalommal pontosan reprodukálható a végtermék megjelenése, ami fontos előnyt jelent különböző művelettervezésben, vagy hadijátékok során használt kellékek esetén is.

A Binder Jetting folyamat, a Powder Bed Fusion technikával ellentétben eleinte nem képez molekuláris szintű kötést a porszemcsék között, csupán a kemencés hevítést követően. Emiatt strukturális elemeknél kérdéses az alkalmazhatósága, azonban ez előnyt is jelenthet más felhasználásoknál a poranyag (kerámia, fémek vagy összetett polimerek) csaknem korlátlan keverhetősége miatt.³⁵

A jettingelő 3D nyomtatás terepen történő alkalmazására jelenleg is példaként szolgál az Amerikai Egyesült Államokban fejlesztett ExOne „mozgatható additív gyártósor” (Portable 3D Printing Factory)³⁶. A szabvány-méretű szállítókonténer belsejébe épített jettingelő, valamint szálerősített műanyagot alkalmazó 3D nyomtatók szárazföldön, levegőben, és vízen egyaránt mozgatható formában adnak lehetőséget egyes kulcsfontosságú alkatrészek helyi, logisztikai útvonalak igénybevétele nélküli legyártására, jelentősen csökkentve az alegséghez rendelt járművek karbantartás alatt töltött idejét.³⁷



2. ábra Az ExOne által kifejlesztett "mozgatható additív gyártósor" ábrája³⁸

3.3 Nanoparticle Jetting (NPJ)

A Nanoparticle Jetting, más néven „nanorészecskés jettingelő” gyártástechnológia alkalmazása során többmillió kerámiát, vagy fémet tartalmazó cseppfolyós nanorészecske (100 nm-nél kisebb részecske) kerül lefektetésre a munkafelületre több ezer fúvóka segítségével.³⁹

³⁵ (Anon., 2021)

³⁶ Szerz, Nélk., 2021. *Foundry Management & Technology*. [Online]

³⁷ Castor, 2021. *Additive Manufacturing Applications in the Defense Industry*. [Online]

³⁸ Szerz, Nélk., 2021. *Foundry Management & Technology*. [Online] Hozzáférés ideje: 2023 November 7., (fordítva a szerző által)

³⁹ (Hendrixson, 2022)

Az alkalmazott anyagok részecskéit egy, a gép munkaterében fennálló magas hőfok (250-300 celsius) hatására azonnal elpárolgó „tinta” (szállítóanyag) tartalmazza, amely az elpárolgás, majd az anyagok minden irányba történő összekapcsolódása után létrehozza a kívánt tárgy egy vékony, körülbelül tíz mikrométeres szeletét. A ciklikus folyamat végén a munkadarabot eltávolítjuk a nyomtatóból, ha szükséges a tartóelemek leoldásra kerülnek, majd egy egyszerű kemencés szinterezési (hevítési) folyamattal a maradék ragasztóanyagot is eltávolítjuk a tárgyból, ezzel befejezve az utómunkálatokat.⁴⁰

A technológia legnagyobb előnye kiemelkedő precizitása mellett, hogy a szórófejeket tartalmazó „tálca” szerkezet egyidejűleg képes a munkalapra fektetni fém vagy kerámia részecskéket, valamint amennyiben szükséges azok támaszait. A kész tárgyról egyszerűen lemosható támaszanyag egyidejű, zökkenésmentes integrálása (beépítése) a nyomtatási folyamatba pedig jelentősen csökkenti a gyártási folyamathoz szükséges időt. A nyomtató kezelése, és újratöltése is egyszerűsített. A felhasznált munkaanyag részecskéit, valamint a támasztékanyagot tartalmazó két tartály a 3D nyomtató oldalán könnyedén cserélhető.

A nanorészecskés jettingelő technológia precizitása okán felhasználható különböző elektronikai komponensek gyártásában is, mint például a mikromechanikai érzékelők,⁴¹ azonban – mint szinte minden additív gyártástechnológia – helyet kapott az orvostudomány (hallókészülékek, kis méretű protézisek), az autó-, és repülőgépipar területén is.⁴² Mindezek mellett személyes véleményem az, hogy az NJP technológia felhasználásra fog majd kerülni az egyéni, testreszabott ballisztikus védelem területén is tekintettel arra, hogy a gyártástechnológia képes alumínium-oxid kerámia gyors és precíz építésére, ami már jelenleg is széleskörű alkalmazásnak örvend különböző ballisztikus védőfelszerelések gyártásában. A specializált, teljes mértékben testreszabott, alacsony gyártásszámú ballisztikus felszerelés készítése a technológia jelenlegi költségei mellett véleményem szerint a praktikum világában még nem reális, azonban kutatási szinten ígéretesnek látszik.

⁴⁰ (Hendrixson, 2022)

⁴¹ Tirtichny, A., 2020. Using 3D printing technologies for micromechanical sensors production. *IOP Science*.

⁴² (Hendrixson, 2022)

4. A 3D NYOMTATÁSSAL HÁZILAGOSAN GYÁRTOTT FEGYVEREK

4.1 Kezdeti törekvések, az első 3D nyomtatott lőfegyver

A 3D nyomtatás technológiai, és történeti hátterének, fejlődési tendenciáinak, valamint védelmi alkalmazásának bemutatását követően rá szeretnék térni annak házilag gyártott lőfegyverek létrehozásában játszott szerepére. Fejezetemben kiemelt figyelmet szentelek az ezen fegyverek terveit kutató-fejlesztő, laza kapcsolatrendszerű csoportoknak és egyénileg működő tervezőknek, hiszen ezen csoportok tevékenységük útján – akarva, vagy akaratlanul – biztosítják az egyik legtermékenyebb, és legkevésbé kockázatos fegyverforrást kártékony, rosszakaró személyek, vagy szervezetek számára. A 3D nyomtatott lőfegyverek biztonsági kockázatainak kérdését lehetetlennek tartom vizsgálni azok forrása, és ideológiai háttere nélkül, azonban semmiképpen sem szeretném összemosni a tervezői csoportok, és az esetlegesen kártékony cselekedetet elkövető végfelhasználók tevékenységét. A 3D nyomtatott lőfegyverek világában kiemelten vitatott témának számít azok etikai háttere és létjogosultsága, melyet részletesen dolgozatom egy későbbi fejezetében kívánok érinteni.

A technológia rendfenntartó szervek előtt rejtett fegyvergyártásban való alkalmazására először az Amerikai Egyesült Államokban, Cody Wilson és az általa indított „Defense Distributed” nevű vállalat hívta fel a figyelmet 2013-ban.⁴³ A 2010-es évek elején egyre népszerűbbé váló „ghost-gun” (szellemfegyver)⁴⁴ jelenséget „meglovagló” vállalat egy online, nyílt forráskódú hardver- és szoftverfejlesztő cég, amely elsősorban lőfegyverek digitális vázlatait fejleszti, majd teszi elérhetővé CAD-fájlok formájában.⁴⁵ Ezen „wiki-fegyverek” elkészítésére használható tervek szabadon letölthetők a vállalat által fenntartott webes felületről (DEFCAD), majd közvetlenül 3D nyomtatási vagy CNC marási célokra használhatóak. Cody Wilson, mint joghallgató és „kripto-anarchista” elsősorban politikai állásfoglalásként hozta létre a vállalatot, amely saját elmondása szerint az Egyesült Államok-beli fegyverviselési jogokat, és az információ korlátlan szabadságát hivatott védeni.⁴⁶ A szervezet hivatalos célja, hogy *„megvédje az Egyesült Államok alkotmánya által garantált, és az Egyesült Államok Legfelsőbb Bírósága által megerősített, a fegyverekhez való szabad lakossági hozzáférés polgári szabadságát”,* valamint, hogy *„közösségi együttműködésben állítson elő, tegyen közzé,*

⁴³ Greenberg, A., 2013. Meet the 'liberator': Test-firing the world's first fully 3D-printed gun. [Online]

⁴⁴ Olyan lőfegyver, amely gyártási folyamata során egyetlen ponton sem lett ellátva sorozatszámokkal, vagy nem szerepel hivatalos nyilvántartásban, ezáltal egészen használatáig „láthatatlan” a hatóságok számára.

⁴⁵ Walker, R., 2016. Meet The „ghost-gunner” Bloomberg.com. [Online]

⁴⁶ (Walker, 2016)

és terjesszen a nagyközönség számára a fegyverek digitális úton történő gyártásával kapcsolatos információkat és ismereteket”.⁴⁷

A szervezet leghírhedtebb, és dolgozatom szempontjából leginkább fontos terve az úgynevezett „Liberator” maroklőfegyver volt. A Liberator egy olyan .380 ACP kaliberű egylövetű maroklőfegyver, amely – helyes elkészítés esetén – egy huzagolatlan, fegyverzettechnikai követelmények szerint gyenge anyagerősségű fegyvercsőből képes volt egyetlen teljes-erősségű lövedék torkolati hatásainak ellenállni. Mindössze 16 alkatrészből áll, melyek közül 15 darab 3D nyomtatott, kivéve az ütőszeget, melynek feladatát egy közönséges fém szög látja el. A Liberator kevesebb, mint egy óra alatt összeszerelhető, gyártása pedig kevesebb, mint 20 dollárba kerül az anyag és villamosenergia fogyasztás kiszámítása alapján.⁴⁸ A világhálón először 2013. május 6-án került a nyilvánosság elé demonstrációként az Egyesült Államok kormányzatai által hozott fegyverbirtoklási szabályozásokkal, és provokációként az azokat betartató rendfenntartó szervek tevékenységeivel szemben. A Liberator átfogó célja az volt, hogy bemutassa a 3D nyomtatott lőfegyverek kivitelezhetőségét, illetve annak egyszerű módját, és további innovációra és kísérletezésre buzdítsa a világszerte növekvő népszerűségnek örvendő fegyvertartási szabadságot követelő csoportokat.⁴⁹



3. ábra: Az első 3D nyomtatott maroklőfegyver, a "Liberator" modellje⁵⁰

⁴⁷ Wilson, C., 2022. Free Speech & Printed Guns with Cody Wilson [Interjú] (2022 Április 8).

⁴⁸ Biggs, J., 2013. TechCrunch. [Online]

⁴⁹ (Wilson, 2022)

⁵⁰ Taylor, M., 2021. Forensic Magazine. [Online] Hozzáférés ideje: 2023. November 7.

A Liberator, és a Defense Distributed által tervezett más fegyverek tervei vegyes fogadtatásra találtak a hatóságok, a média és a közvélemény részéről. Egyesek méltatták a céget az egyéni szabadságjogok, a fegyveres önvédelem és a technológiai innováció előmozdításáért, azonban mások a közbiztonság veszélyeztetéséért, a fegyverekre vonatkozó jogszabályok megsértéséért, valamint a bűnözés és a terrorizmus elősegítéséért ítélték el őket. A szervezet jogi korlátokba, valamint erős cenzúrába ütközött különböző internetes platformok és szolgáltatók részéről, melyek tiltották, vagy törölték fájljaikat és felhasználói fiókjaik tartalmát. 2015-ben a Defense Distributed pert indított az Egyesült Államok Külügyminisztériuma ellen, amiért az megsértette az első alkotmánymódosításban foglalt, szólásszabadsághoz fűződő jogait amikor azt követelte, hogy távolítsa el a 3D nyomtatott fegyverekkel kapcsolatos fájljait az internetes felületeiről (a követelés alapja a szabályozott hadipari alkatrészekre, tervekre, és kész termékekre vonatkozó szövetségi törvény megsértése volt).⁵¹ A Defense Distributed 2018-ban megállapodásra jutott a Külügyminisztériummal, amely lehetővé tette számára, hogy újra közzé tegye fájljait a világhálón, ezt a megegyezést azonban egy Washington állambeli szövetségi bíró megvétózta, ami után több állam is pert indított a megállapodás megakadályozása érdekében.⁵² 2021-ben egy szövetségi fellebbviteli bíróság hatályon kívül helyezte a tiltó határozatot, és azt a kérést intézte a kerületi bírósághoz, hogy utasítsa el a megegyezést megtámadó keresetet. Röviddel ezután a Defense Distributed ismét nyilvánosságra hozta fegyvertervekből álló fájlkönyvtárát.⁵³ Dolgozatom írásának időpontjában is több szövetségi és állami per van folyamatban melyek a rendezés jogszerűségét és alkotmányosságát, valamint a lőfegyverek 3D nyomtatásával kapcsolatos fájlok védett véleménynyilvánítás – legyen az egy kész CAD-terv, vagy egy útmutató – tartalmát vizsgálják.

A Defense Distributed munkássága, és közösségi médiában folytatott kampánya révén sikeresen indította el azt a mai napig tartó, öngerjesztő folyamatot, melynek mentén számos hasonló ideológiai alappal bíró tervezőcsoport alakult ki, melyek közül a leghíresebb a 2019 februárjában alakult „Deterrence Dispensed”.

⁵¹ (Greenberg, 2013)

⁵² Bellon, T., 2018. Reuters. [Online]

⁵³ Romoser, J., 2021. SCOTUSblog. [Online]

4.2 A 3D nyomtatott lőfegyverek második generációja, a Deterrence Dispensed és ismert egyéni tervezők munkássága

A Deterrence Dispensed nem számít hivatalos szervezetnek, inkább jellemezhető egy olyan, közös érdeklődési körrel rendelkező személyek laza hálózataként, melynek tagjai elhivatottsággal bírnak a 3D nyomtatott lőfegyverek minél tágabb elterjesztése iránt.⁵⁴

A 2010-es évek Egyesült Államok-beli politikai folyamatai, mint például az országos szintű politikai polarizálódás, az állami és szövetségi szinten szigorodó fegyvertartási jogszabályok, valamint az Európai Unió nyugati országai területén ugyanezen korszakban csökkenő tendenciát mutató közbiztonság⁵⁵ termékeny talajt nyújtott egy ehhez hasonló szélsőséges csoport létrejöttéhez. A titkosított közösségi média platformok által egyszerűvé tett anonim kapcsolattartás jelentős ideológiai töltettel keveredve egy olyan elkötelezett csoportot szült, amely a szélsőséges libertarianizmus és kormányzatellenesség elveit vallva elkötelezte magát a lőfegyverek minél nagyobb mértékben történő elterjesztése mellett. A közösség kiemelten fontosnak tartja a választott kormányzat polgári ellenőrzését, akár erőszakos úton is; melynek érvényesítése érdekében elengedhetetlennek tartja az általánosan elérhető, korlátlan fegyvertartást. Ez, az Egyesült Államok második alkotmánykiegészítésének szélsőséges értelmezésén alapuló gondolkodásmód tükröződik a csoport által libertariánus mozgalmaktól átvett „Come And Take It!” mottón, valamint az újonnan fogalmazott „Can’t stop the signal”⁵⁶ szövegen.



4. ábra: A Deterrence Dispensed „Can't stop the signal” mottóját viselő jelképe ("a jel megállíthatatlan" magyar fordításban)⁵⁷

⁵⁴ (Barton, 2019)

⁵⁵ Europol, 2021. *Organised crime groups fuel a rise in violent crime in the EU*. [Online]; Europol, 2021. *Europol Spotlight - The use of violence by organised crime group*. [Online]

⁵⁶ Lefordítva „A jel megállíthatatlan”; a lőfegyverek terveinek terjesztésére használt digitális fájlok korlátozásának lehetetlenségére utalva.

⁵⁷ Szerz. Nélk., 2021. *Can't Stop The Signal DEFCAD*. [Online]) Hozzáférés ideje: 2023 November 8.

A több ezer fős fejlesztőközösség a decentralizált szerveződés, és horizontális vezetői struktúra alapjain működik, vezetők, hierarchia vagy központosult hatalom és ellenőrzés nélkül. A csoport a „peer-to-peer” titkosított kommunikációra⁵⁸ és a folyamatos tervezésbeli együttműködésre támaszkodik, szerteágazó online platformokat és diverzifikált eszközöket alkalmazva annak érdekében, hogy információkat, fájlokat, visszacsatolásokat és különböző segédleteket osszanak meg egymással; mindezeket rendszerint kódolt kommunikációs csatornákon keresztül. A csoport továbbá jelentős hangsúlyt helyez a folyamatos kísérletezésre és az elérhető fájlok folyamatos fejlesztésére.⁵⁹

A közösség tevékenysége három fő kategóriába sorolható: tervezés, terjesztés, valamint a fegyvertartási jogok kiterjesztéséért folytatott demonstráció. A csoport tervezési tevékenysége a 3D nyomtatott lőfegyverekhez szükséges modellek, alkatrészek és tartozékok létrehozására, azok működésének ellenőrzésére és tökéletesítésére terjed ki. Terjesztési tevékenységei közé tartozik a fájlok feltöltése, letöltése és megosztása különböző online csatornákon és platformokon keresztül. Demonstrációs tevékenységei közé pedig a 3D nyomtatás külső befolyások nélküli gyakorlásához való jog, mint a szólásszabadság és az önvédelem egyik formájának előmozdítása és védelme tartozik.⁶⁰

A közösség legkiemelkedőbb tagjai azok a személyek, akik részt vettek annak nevezetesebb projektjeiben, például az „FGC-9”, a „Plastikov”,⁶¹ a „Menendez-tár”,⁶² vagy a „Yankee Boogie”⁶³ kifejlesztésében, vagy valamilyen módon hozzájárultak azok fejlesztési folyamataihoz. Ezen tagok rendszerint (amennyiben anonimitásuk nem sérült) online álneveken váltak ismertté, mint például „Jstark1809”, „IvanTheTroll”, „CtrlPew”, „FreeMenDontAsk”, vagy „Vinh Nguyen”. Ezen személyek alkotják a „mozgalom” magját, mint aktív, nyilvánosság előtt is szerepet vállaló „képviselők”. Egyesek interjúkban, dokumentumfilmekben, vagy saját készítésű internetes tartalmakban is nyilatkoztak a 3D nyomtatott lőfegyverekkel kapcsolatos motivációikról és nézeteikről, mint például Jstark1809, aki elsőként szerepelt a nyilvánosság előtt 2020 novemberében, vagy CtrlPew, aki folyamatos internetes jelenlétével, és a különböző tervek összeállításáról készített részletes oktatóvideói útján növeli a közösség népszerűségét.⁶⁴

⁵⁸ A peer-to-peer (P2P) titkosított kommunikáció olyan protokoll, amely lehetővé teszi két vagy több eszköz közvetlen összeköttetését kódolt üzenetek átvitelére, minimalizálva ezzel a közvetítő rendszerek és harmadik felek potenciális hozzáférését.

⁵⁹ (Jstark1809), J. D., 2020. *Plastic Defence: Secret 3D Printed Guns in Europe* [Interjú] (24 November 2020).

⁶⁰ ((Jstark1809), 2020)

⁶¹ Egy 3D nyomtatással készült tokszerkezet, amely segítségével AMD-65, AKM, RPK, vagy 100-as szériás Kalasnyikov alkatrészekkel 7.62x39 milliméteres karabély szerelhető össze.

⁶² Egy 15 vagy 30, 9 milliméteres pisztolylőszer tárolására alkalmas 3D nyomtatott szekrénytár elnevezése.

⁶³ Egy, az AR-15 platformok elsütőszervezetébe helyezhető 3D nyomtatott alkatrész, amely az eredetileg csak öntöltő félautomata tüzelésre képes karabélyokat alkalmassá teszi sorozatlövés leadására.

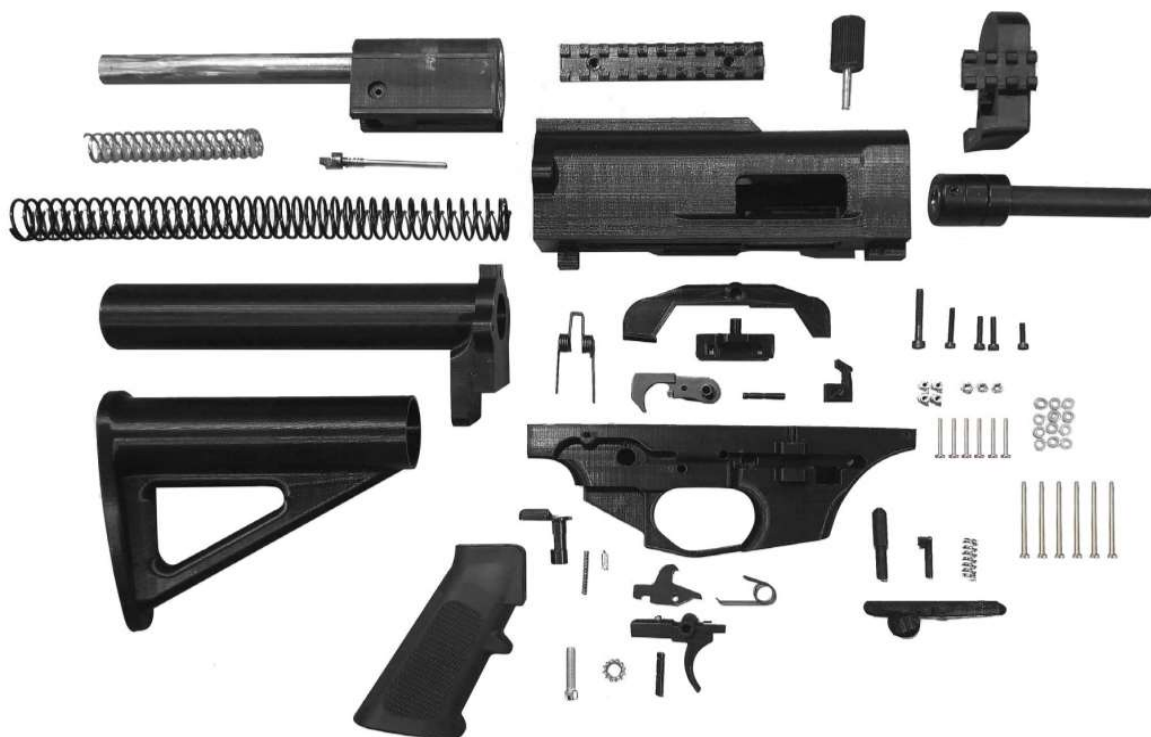
⁶⁴ CTRLPew, dátum nélk. *Odysee*. [Online]

A sajtóban és videómegosztó platformokon való aktív részvétel a csoport exponenciális növekedéséhez vezetett. A mára már több ezer tagot tömörítő Deterrence Dispensed, és fájljaitat tömörítő „DEFCAD” (a Defense-CAD rövidítése) platform a 3D nyomtatott lőfegyver-közeg magjaként szolgál.

4.3 Az FGC-9 megjelenése, jelentősége, és technikai aspektusai

Dolgozatom terjedelmi korlátai miatt nincs lehetőségem az összes improvizált fegyvertervet részletesen áttekinteni, azonban a JStark1809, és IvanTheTroll együttműködése keretében tervezett „FGC-9” kilencmilliméteres, tömegzáras karabéllynak kiemelt figyelmet kívánok szentelni azért, mert elérhetősége, és elkészítési módja miatt a 3D nyomtatott kézilőfegyverek biztonsági kockázatainak mindegyik – európai szempontból lényeges – aspektusát magában hordozza.

Az FGC-9 elkészítési módjában, és folyamatában szakított az addig elterjedt, már kész fegyveralkatrészek beépítését (pl.: fegyvercső, zárszerkezet, vagy elsütőszervezet) igénylő tervekkel, és mint az első teljességében házilag, 3D nyomtatás és más, jogi korlátozás alá nem eső alkatrészek útján létrehozható megbízható lőfegyverként jelent meg a világhálón.⁶⁵



5. ábra Az FGC-9 robbantott ábrája⁶⁶

⁶⁵ (Barton & Bronwnlee, 2021)

⁶⁶ Sensiba, J., 2021. *The Truth About Guns*. [Online], Hozzáférés ideje: 2023 November 7.

A fegyver ugyan megkérdőjelezhető motiváció útján jött létre, forradalmi áttörésnek számít a nemhivatalos lőfegyvergyártás, és hagyományos fegyverzettechnika területén egyaránt. Egyedüli fém alkatrészei a fegyvercső, az ütőszeg, az elsütőszerkezet, zárszerkezet, valamint az összeszereléséhez szükséges rugók és csavarok. Ezen alkatrészek – amellet, hogy könnyedén megvásárolhatók, vagy házilagosan elkészíthetők – rendkívül könnyen összeszerelhetők a körülbelül 190 oldalas, részletes útmutató segítségével, melyet minden FGC-9 fájlkészletéhez mellékelve biztosítanak. A huzagolt fegyvercső elkészíthető barkácsboltokban kapható hidraulikus acélsőből, valamint annak elektrokémiai megmunkálásával;⁶⁷ az ütőszeg egy hagyományos szeg, az elsütőszerkezet megvásárolható „airsoft játékalkatrészként”, vagy nyomtatható, a zár pedig hegesztés nélkül, tömör négyzet, valamint hengeracél felhasználásával hozható létre. A fegyver további alkatrészei, mint az előbb említett tokszerkezet, tus, markolat vagy tár 3D nyomtatással készülnek közönséges PLA+ polimerből, illetve gyakori műszaki cikkekből (csavarok, rugók). Az FGC-9 standard (szabványos) 9 milliméteres pisztolylőszert képes elsütni egy cserélhető szekrénytárból, amely szintén 3D nyomtatással elkészíthető egy másik, a Deterrence Dispensedhez kapcsolódó, „Menendez magazine” című projekt révén. A Glock típusú szabványos szekrénytár 15, és 30 töltény kapacitású formában is elérhető.⁶⁸

A karabélyt világszerte több ezer alkalommal töltötték le, és másolták tovább a 3D nyomtatott lőfegyverek iránt különböző okokból érdeklődő személyek, különösen azokban az országokban, ahol a fegyvertörvények kifejezetten szigorúak, vagy maguk a lőfegyverek ritkák. Az FGC-9 az Amerikai Egyesült Államok területén kevésbé elterjedt, sokszor csupán „projekt-fegyverként” veszik számba tekintettel arra, hogy az európai országokhoz képest lényegesen kevésbé korlátozó fegyvertörvények sokkal megbízhatóbb, és egyszerűbben összeállítható fegyverek házilagos legyártását teszik lehetővé.⁶⁹

A jogszabályi környezet miatt ezeken a területeken továbbra is a helyileg szabadon elérhető, engedélyköteles fegyveralkatrésznek nem minősülő főelemek felhasználására van helyezve a hangsúly, hiszen mivel ezek engedélymentesen megvásárolhatóak, a tokszerkezet kivételével^{70,71} egyetlen másik alkatrészt sem kell helyettesíteni additívan gyártottokkal. A szükséges főelemek akár postán keresztül, vagy fegyverboltban háttérellenőrzés nélkül

⁶⁷ ImproGuns, 2019. *Make a factory quality 9mm rifled barrel in your kitchen using salt water and electricity (ECM)*. [Online]

⁶⁸ (Anon., 2021)

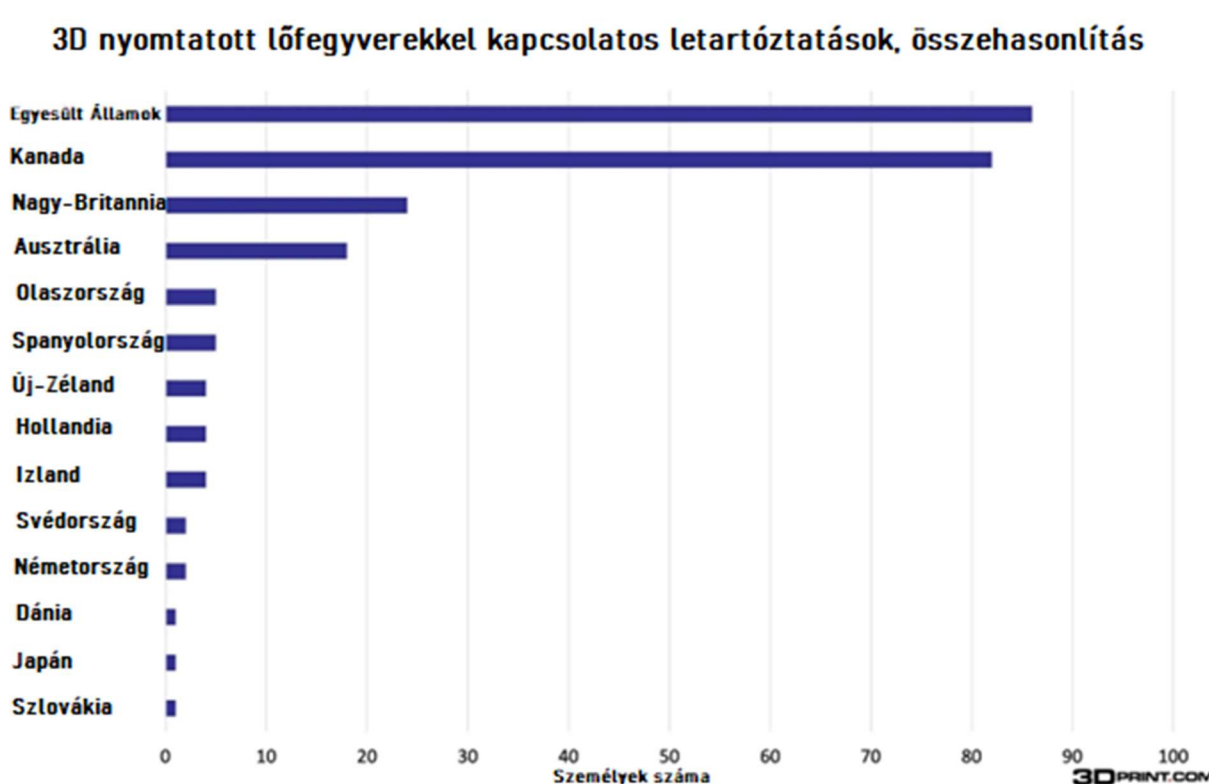
⁶⁹ (TTAG, 2020)

⁷⁰ Az Egyesült Államokban a szövetségi jogszabályok szerint a tokszerkezet számít a lőfegyvernek, így csak az van sorozatszámra ellátva, és jogszabályban korlátozva.

⁷¹ Bureau of Alcohol, T. F. a. E., 2022. *ATF.gov*. [Online]

megszerezhetők. A jogszabályi keretek miatt ezáltal a polimer tokszerkezettel összeállított AR-platformú karabélyok váltak az Egyesült Államokban lévő közösség fő fókuszává.⁷²

Mindezek által az FGC-9 konstrukciót követő fegyverek legtöbbször az európai kontinensen, Nagy-Britanniában, valamint Óceánia területén kerülnek lefoglalásra, amely területeken lényegesen szigorúbb lőfegyverkorlátozások vannak érvényben.⁷³ A fegyver tervezése során pontosan ez a szabályozási környezet került a középpontba, melynek eredményeként az FGC-9 célzottan a jelenlegi Európai Unió jogszabályokat kikerülve készíthető el. A karabély európai „népszerűsége” ellenére azonban a legtöbb 3D nyomtatott fegyverekkel kapcsolatos letartóztatás az Egyesült Államokban történik.



6. ábra: A 3D nyomtatott lőfegyverekkel kapcsolatos letartóztatások eloszlása országonként 2013-2023⁷⁴

A fegyver „követhetetlensége” révén különösen gyakori a szervezett bűnözés, valamint különböző szélsőséges csoportok eszköztárában,⁷⁵ azonban legnagyobb tömegben a Mianmari Szövetségi Köztársaságban kerül alkalmazásra, ahol a katonai államvezetés és különböző irreguláris csoportok között ma is zajló polgárháború egyik legemblematikusabb fegyvereként jelenik meg.

⁷² Nation, D., 2023. „Printed Freedom”: 3D-printed firearm culture [Online]

⁷³ Listek, V., 2023. 3Dprint.com. [Online]

⁷⁴ Listek, 2023, Hozzáférés ideje: 2023 november 1., (a szerző által fordítva)

⁷⁵ Europol, 2022. Printing insecurity: Tackling the threat of 3D printed guns in Europe. [Online]

5. A 3D NYOMTATOTT FEGYVEREK MEGJELENÉSE A BŰNÖZÉSBN – ESETTANULMÁNYOK

Dolgozatom következő részében a 3D nyomtatott lőfegyverek tényleges alkalmazásával, valamint lefoglalásával kapcsolatos eseteket fogok vizsgálni annak érdekében, hogy gyakorlati példákon keresztül szemléltessem, hogy ezen fegyverek napjainkig milyen környezetben, és cselekmények kapcsán kerültek alkalmazásra, fejlődésükön keresztül pedig, hogy milyen biztonsági kihívásokkal állítják szembe a rendvédelmi, biztonsági szerveket, valamint nemzetbiztonsági szolgálatokat.

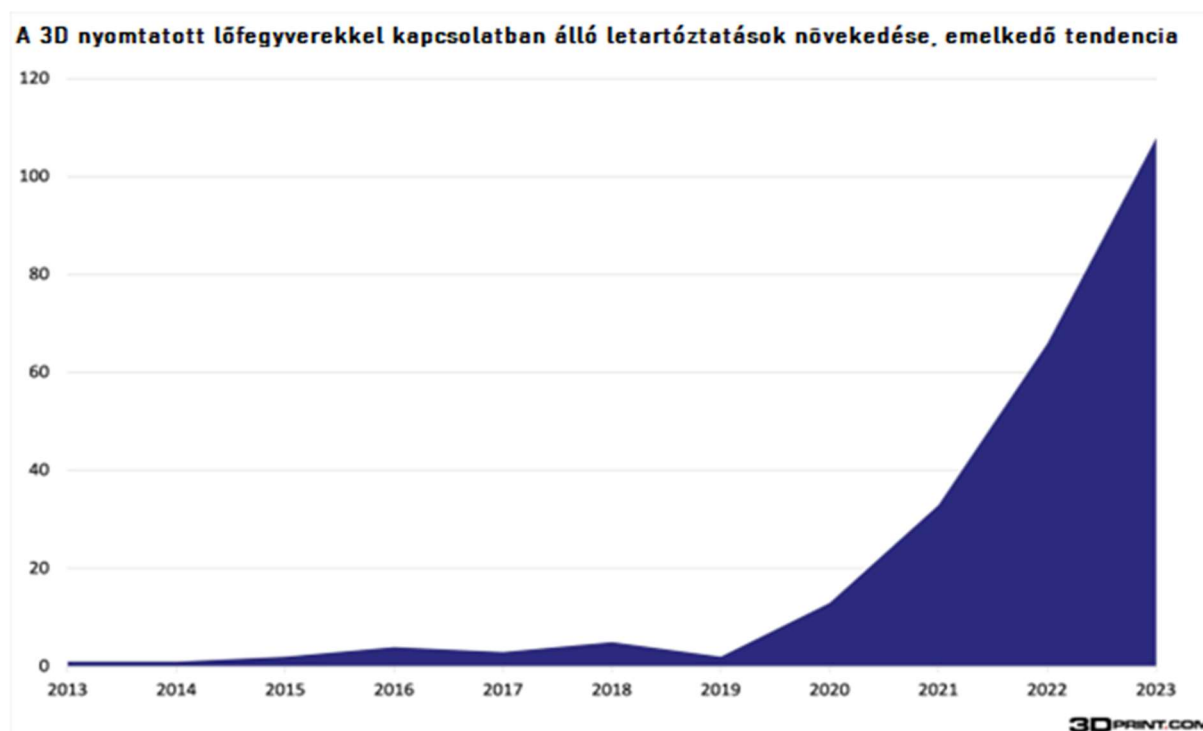
Vizsgálat alá fogom vonni a fegyverek szervezetlen, egyénileg elkövetett terrorcselekmények során történő megjelenését a dolgozatom bevezető részében már említett németországi Halle városában történtek példáján keresztül. Szemléltetem azok szerepét és megjelenésük módját az Európai Unióban felderített legnagyobb gyártó-összeszerelő üzemek eseteinek vizsgálatával, végül pedig a fegyverek reguláris, szervezeti szinten történő alkalmazásának esetét tanulmányozom az előző fejezetem végén említett Mianmari polgárháború példái segítségével. Utóbbi esetében a konfliktus során a „Népi Védelmi Erők” által széleskörűen alkalmazott fegyverek hatékonyságát, fejlődő szerepét, valamint azok gyártásának kivitelezését vizsgálom.

Ezen három gyakorlati példa elemzésével véleményem szerint adekvát módon tudom szemléltetni a 3D nyomtatás segítségével létrehozott fegyverek képességeit, és kockázati mértékét szinte minden lehetséges felhasználási körben, legyen az teljességében egyénileg kivitelezve egy adott cselekmény elkövetése érdekében, a szervezett bűnözés keretein belül, vagy eladás céljából megvalósítva, illetve nagyobb mennyiségben logisztikai utánpótlás biztosítása érdekében.

5.1 A 3D nyomtatott lőfegyverek megjelenése az európai kontinensen, a Halle városi támadás

A 3D nyomtatott lőfegyverek biztonsági kockázatainak gyakorlati bemutatását annak európai vonatkozású eseményeivel kívánom folytatni. A kontinens országainak – néhány kivétellel – jellemzően szigorú lőfegyverbirtoklási jogszabályai termékeny talajt biztosítottak azon korábban már említett mozgalmaknak, melyek a fegyverbirtoklás korlátozása ellen való fellépés, és annak tagadására építették platformjukat. Esettanulmányom során az Európai Unió, valamint nagy-britanniai esetek, és elérhető statisztikák elemzésével kívánom bemutatni kutatásom aktualitását kontinensünkre vetítve.

A Deterrence Dispensed és kapcsolódó mozgalmak által tervezett házilagosan elkészíthető lőfegyverek rendszeresen szerepelnek a szervezeten és egyénileg elkövetett bűncselekmények, valamint szélsőséges politikai csoportok eszköztáraiban.⁷⁶ A 3D nyomtatott lőfegyverek megjelenése óta eltelt tíz évben több száz bűneset kapcsolódik hozzájuk, miközben 2022 és 2023 között megduplázódott a hozzájuk köthető letartóztatások száma.⁷⁷ Ezen folyamatosan növekvő tendencia 2019 óta csak emelkedik, aminek oka feltételezhetően az FGC-9 terveinek világhálóra történt kiszivárgása, valamint a Popular Front JStark1809-el készített dokumentumfilmjének megjelenése.



7. ábra: A 3D nyomtatott lőfegyverekkel kapcsolatos letartóztatások által mutatott emelkedő tendencia, 2013-2023⁷⁸

Az additív gyártási folyamatok segítségével előállított fegyverek kockázatainak tárgyalásakor tévesen legtöbbször a 2019-ben, Halle városában elkövetett gyilkosságok kerülnek vizsgálatra. A támadó, Stephen Balliet a lövöldözés során ugyan tartott magánál egy 3D nyomtatás segítségével elkészített, polimer tokszerkezetű „Luty”-típusú karabélyt, azonban a lövöldözés nagy részét egy teljességében fémből elkészített házilagos karabéllyal, maradékát pedig egy, két összecsisztott fémcsőből és fából készített sörétespuskával követte el (a sörétespuskára helyezett söréttartók 3D nyomtatással készültek, azonban az nem számít a fegyver fődarabjának). Terrorcselekménye nagyrészt szakszerűtlenül gyártott fegyverei, és

⁷⁶ Gotev, G., 2022. *Europol keeps wary eye on threat from 3D-printed guns*. [Online]

⁷⁷ (Listek, 2023)

⁷⁸ Listek, 2023, *Hozzáférés ideje: 2023 november 1., (a szerző által fordítva)*

a lőszer miatt fulladt kudarcba, az összetettebb belső szerkezetű öntöltő karabély öt leadott lövés után elakadt, és működésképtelenné vált a zártömbön és hüvelykivetőn lerakódott vastag feketelőpor-maradványok miatt.⁷⁹

Balliet támadását főként „akcelerációs”⁸⁰ szándékkal követte el, mert figyelmet kívánt irányítani arra, hogy a világon bárki, bármikor, bármely országban hasonló terrorcselekedetet tud elkövetni az egyre egyszerűbben legyártható, és egyre megbízhatóbb improvizált lőfegyverekkel, azonban támadása szerencsére az eredeti terveivel szemben nem járt sikerrel.⁸¹ Dolgozatom írásának időpontjában még nem fellelhető olyan bűneset az Európai Unió vagy Nagy-Britannia területén, melynek során 3D nyomtatás segítségével gyártott lőfegyverrel emberéletet oltottak volna ki, azonban ez véleményem szerint nem cáfolja annak biztonsági kockázatát. Az, hogy nagyobb méretű, sikeres támadás még nem történt ezekkel a fegyverekkel, véleményem szerint csak a véletlen műve, (mint például Balliet esetében, hiszen az általa használt lőpor összetételét éppen a világhálón terjedő egyik fő útmutató egy régebbi változatából vette, mely mára már javításra került) valamint annak, hogy éppen nehezen követhető jellemzőik miatt előfordulhat, hogy azok még nem kerültek felderítésre. A fegyverek lefoglalását eredményező nyomozások egyre gyarapodnak, melyek rendszerint a szervezett bűnözés, kábítószer-kereskedelem, vagy csak tisztán a fegyverek jogosulatlan személy által való birtoklásának felderítése útján történnek. Az utóbbi években több olyan letartóztatás is történt, melyek szélsőséges – általában szélsőjobboldali – személyek vagy csoportok terrorcselekményre történő készületeit szakították meg.

5.2 Az eddig felderített legnagyobb illegális fegyverüzemek eseteinek bemutatása

Ilyen, Balliet-hez hasonló akcelerációs előkészületeket végzett az a négy letartóztatott személy is a finnországi Lahti városában, akik 3D nyomtatott FGC-9 karabélyokkal terveztek merényleteket elkövetni számos baloldali aktivista, kisebbségi jogokért felszólalók, és politikai közszereplők ellen, akik között jelen volt az egykori miniszterelnök, Sanna Marin is. A nyíltan szélsőségesen jobboldali-radikális csoport 2023. szeptember 14-én került letartóztatásra, miután társasági környezetben, valamint a Telegram szolgáltatáson egy Lahti-ban szervezett

⁷⁹ (Jackson, 2019)

⁸⁰ Gyorsító szándék; Balliet világértelmezése szerint amennyiben terrorcselekménye nyomán az állam további korlátozásokat eszközöl, a lakosság azok egyre „drágább” mivolta miatt hamarabb fellázad és megdönti annak „elnyomó hatalmát”, ezáltal véget vetve a demokratikus államberendezkedésnek, helyet adva az etnikai központú „tisztá fehér államnak”.

⁸¹ Nilsson, E., 2022. *Manifestos of White Nationalist Ethno-Soldiers*, Uppsala: Swedish Defence Research Agency; Uppsala University. 230-231 old.

rendezvény kapcsán annak megtámadásáról, és a volt kormányfő meggyilkolásáról folytattak beszélgetést. A csoport letartóztatásakor két befejezett FGC-9 karabélyt, annak alkatrészeit, valamint nagymennyiségű 9 mm-es lőszert tártak fel a finn hatóságok. A négy férfi ellen terrortámadás szervezése, valamint illegális fegyverbirtoklás vádjával indult eljárás.⁸² A bíróság 3 személy ellen hozott ítéletet. Az elsőszámú gyanúsítottat, Viljam Lauri Antero Nymant három év és négy hónap börtönbüntetésre ítélték terrorcselekmény elkövetésének szándékával elkövetett lőfegyverrel kapcsolatos bűncselekmény, valamint terrorcselekmény elkövetésére való előkészületek vádjával. Két bűntársa egy év kilenc hónap börtönbüntetést, illetve hét hónap felfüggesztett börtönbüntetést kapott lőfegyverek illegális gyártásának, valamint azok terrorcselekmény során tervezett felhasználásának vádjával.⁸³ A 2023. november 1-én hozott ítélet az első példája a terrorizmussal kapcsolatban kiszabott börtönbüntetésnek Finnországban.

Hasonlóan Finnországban történt az a mintegy száz egyidejű letartóztatással járó, nemzetközi rendészeti együttműködés útján lefolytatott rajtaütéssorozat is, melynek során a Finn Nyomozóiroda 2021 június 7-én Tampere városában hat Creality Ender 3 nyomtatót, félkész lőfegyvereket, 3D nyomtatott fegyveralkatrészeket, valamint két befejezett másodikgenerációs FGC-9 karabélyt foglalt le. A telephelyen jelentős gyártóképességgel rendelkező összeszerelőüzem, valamint a fegyverek ellenőrzésére kiépített lőtér is működött. A razzia során öt férfi került letartóztatásra, akik ellen illegális fegyverbirtoklás, illetéktelen fegyvergyártás, valamint az azokkal való kereskedelem gyanújával indult eljárás. A telephelyen felderített gyártókapacitás mértékéből, és a lefoglalt fegyveralkatrészek számából⁸⁴ feltételezhető, hogy a szervezett bűnözést célzó nyomozás során felderített fegyvergyártó üzem az európai szervezett bűnözés lőfegyverigényinek egy részét volt hivatott kielégíteni tekintettel a schengeni határok átjárhatóságára.

A finn fegyvergyár esete számít az eddigi legnagyobb kapacitású házilagos üzemnek, melyet az európai rendvédelmi szervek sikeresen felderítettek, majd leállítottak. A kontinensen korábban már több alkalommal történt azonban hasonló, kisebb volumenű eset is, például - a spanyolországi Tenerifén, valamint Szlovákiában.

A 2020 szeptemberében Spanyolországban történt eset során a spanyol rendőrség, valamint adóhatóság ütött rajta egy Kanári-szigeteken élő személyen, felszámolva az ország első illegális 3D nyomtatással fegyvereket gyártó műhelyét. A házkutatás során a hatóságok -

⁸² YLE, 2023. *Finnish police suspect neo-Nazi group prepared for "race war" using 3D-printed weapons.* [Online]

⁸³ AP, 2023. *Finnish neo-nazis used 3D printer to make guns in preparation for 'Race War'.* [Online]

⁸⁴ Szerz. nélk., 2021. *3D-printed firearms 'factory' in Finland raided.* [Online]

többek között tizenkilenc 3D nyomtatott maroklőfegyver tokozatot, kilenc 3D nyomtatott „Menendez” Glock-típusú szekrénytárat, két, az internetes piacokon olajsűrűként árusított hangtompítót, két sorszámozatlan maroklőfegyver szánt, fegyvercső-huzagoló szerszámokat és a velük elkészített két huzagolt acélcsövet, a fegyverek alkatrészeinek elkészítéséhez használt mintákat, valamint különböző, kézfegyverek készítéséhez használt részegységeket (acélrudakat, irányzékokat, elsütőszerkezeteket, rugókat) foglaltak le. Mindezek mellett jelentős mennyiségű szélsőjobboldali irodalom és jelkép is lefoglalásra került. Az illegális lőfegyver és robbanószerkezet birtoklásának vádjával letartóztatott személy anonim módon ugyan, de jelentős szerepet töltött be a spanyolországi szélsőjobboldal köreiben.⁸⁵

A férfi a világhálón elérhető útmutatók alapján eljárva keverve, részint személyesen, részben az internetről rendelve tett szert a fegyverekhez szükséges alkatrészekre, és a fődarabok elkészítéséhez szükséges alapanyagokra, szerszámokra.⁸⁶

Hazánkhoz eddig legközelebb Szlovákiában történt hasonló eset, amely a szlovák rendőrség (Príslušníci, rövidítve „PZ SR”), Szlovák Nemzeti Bűnüldözési Ügynökség (Národná kriminálna agentúra, rövidítve „NAKA”), szlovák Katonai Nemzetbiztonsági Szolgálat (Vojenské spravodajstvo, rövidítve „VS”), a cseh Nemzeti Szervezett Bűnözés Elleni Ügynökség (Národní centrála proti organizovanému zločinu, rövidítve „NCOZ”), valamint az Europol, Eurojust, és amerikai FBI (Federal Bureau of Investigation) együttműködésével 2022 júniusában került felderítésre. A letartóztatásra került, szintén szélsőjobboldali akcelerációs elveket valló 22 éves személy a „Siege” világhálón szervezett, azonban „offline” tevékenységet is folytató szélsőséges mozgalom tagjaként közösségében aktívan terjesztette az FGC-9 karabély, valamint más, házilagosan elkészíthető robbanószerkezetek és aknák terveit. A 2022. május 11, és 23-án végzett rajtaütések során a hatóságok egy Prusa i3 MK3S+ 3D nyomtatót, számítógépeket, valamint lőfegyvereket foglaltak le.⁸⁷

A leállított fegyverüzemek közötti közös pont a szélsőjobboldali ideológiák központi szerepe, melynek részleges okát a fegyverek terveinek terjesztéséhez használt fórumokban és platformokban vélem felfedezni. Azon webhelyek, melyek engedélyezik az ilyen tervek és oktatóanyagok feltöltését és terjesztését gyakran a más weboldalakon nem szalonképes ideológiák (rendszerint a szélsőséges jobboldal) gyűjtőhelyeként is szolgálnak, mint például a 4chan, Odysee, BitChute oldalak esetében. Megemlíteném, hogy ezen oldalak nem célzottan a

⁸⁵ Timon, 2021. *thecanarynews.com*. [Online]

⁸⁶ Spanyol Adóhatóság, 2021. *Desmantelado el primer taller ilegal de impresión de armas 3D en España*. [Online]

⁸⁷ (Europol, 2022); Eurojust, 2022. *Slovak and Czech authorities take action against right-wing terrorism*. [Online]

szélsőségek, vagy illegális tevékenység befogadására alakultak, csupán kevésbé moderált környezetük esetenként szabad teret ad hasonló tevékenységnek. Ennek eredményeként pedig az ezeken a fórumokon aktív személyek sokkal valószínűbben kerülnek 3D nyomtatott lőfegyvereket ismertető videóanyag, vagy dokumentumok birtokába.

5.3 A 3D nyomtatás alkalmazása a mianmari polgárháború során

A Mianmarban 2021 februárjában hatalomra került katonai junta ellen számos, különböző ideológiai motivációkkal bíró fegyveres felkelőcsoport alakult, melyek javarészt a „Nemzeti Egység Kormánya” (National Unity Government, a továbbiakban NUG) ellenzéki pártcsoportosulás irányítása alatt állnak. Az ilyen csoportok közül a legnagyobb, valamint dolgozatom, és az esettanulmány nyomvonalra szempontjából kiemelt fontosságú a „Népi Védelmi Erő” (People’s Defence Force, a továbbiakban PDF), melyet a NUG fegyveres szárnyaként alapítottak „politikai száműzetésben” élő parlamenti képviselők, és a polgári szféra vezető személyiségei 2021 augusztusában⁸⁸. A PDF dolgozatom írásának idején az ország számos részén folytat gerilla-jellegű harcot a junta reguláris fegyveres erői, a „Tatmadaw” ellen.

A polgárháború kirobbanásakor a PDF tevékenységének egyik legnagyobb akadály a hagyományos fegyverekhez és lőszerhez való hozzáférés volt. A hiány legfőbb okát az jelentette, hogy az állam lőfegyvereinek, illetve fegyverrendszereinek szinte egészét a Tatmadaw erői tartották ellenőrzésük alatt, vagy azokhoz csak a szomszédos országok területeiről volt lehetséges kiemelten magas áron csempésztettel hozzáférni. Ennek a korlátnak az áthidalására a PDF egyes alakulatai a 3D nyomtatás technológiájához fordulva elkezdtek saját lőfegyvereik és robbanószerkezeteik egyes alkatrészeit additív gyártási megoldásokkal (legfőképpen FDM nyomtatással, Creality Ender 3 nyomtatókkal) létrehozni. Ezen lőfegyverek olcsó, ideiglenes megoldásként kerültek legyártásra az ellenállás hevenyészett felfegyverzése érdekében. A szervezet közösségi médiában megosztott tartalmaiban leggyakrabban a JStark1809 és IvanTheTroll által tervezett FGC-9 karabély különböző generációi, és módosított verziói jelennek meg, melyeket az irreguláris csapatok a Deterrence Dispensed, és FOSSCAD (Free Open Source Software & Computer Aided Design) platformjain elérhető digitális tervek segítségével hoznak létre.⁸⁹

⁸⁸ Htet Myet Min Tun & Thuzar, M., 2022. Myanmar’s National Unity Government: A Radical Arrangement to Counteract the Coup. *Perspective*, 28 január, pp. 6-.

⁸⁹ Daly, M., 2023. *What Unites Organised Crime in Europe With Rebels in Myanmar? 3D-Printed Guns..* [Online]

A felkelőcsoportok által használt additív gyártásra további példaként szolgálhat az „Arakán Hadsereg” (Arakan Army, a továbbiakban AA) tevékenysége is. A szervezet egy – még a 2021-es eseményeket megelőzően, korábbi konfliktusok során kialakult – etnikai alapon szerveződött fegyveres csoport, amely a nyugat-mianmari rakhine nép szélesebb körű autonómiájáért folytat gerilla-jellegű harcot⁹⁰. Az AA a konfliktus kezdete óta alkalmaz 3D nyomtatott kézigránáthéjakat, melyeket PLA polimerből vagy ABS-ből, és újrahasznosított fém alkatrészekből állítanak elő, majd azokat robbanóanyaggal, és repeszekkel töltik meg. A gránátok kevés erőforrás felhasználásával, könnyedén előállíthatóak, és lehetőséget adnak a különböző robbanószerkezetek állandó „recept” szerinti gyártására.

A kormányzat ellen harctevékenységet folytató csoportok közül a PDF a 3D nyomtatott fegyverek egyik fő felhasználója, azokat a csempészt hagyományos lőfegyverekkel egyetemben, különösen az urbanizált területeken alkalmazza, ahol a hagyományos fegyverekhez kevesebb eséllyel, vagy csak kockázatosan lehetséges a hozzáférés. A szervezet az FGC-9 mellett gyakran alkalmaz 3D nyomtatást más típusú fegyverek, például kezdetleges maroklőfegyverek tokszerkezeteinek, drónokra szerelhető ejtőszerkezetek és az azokból ledobható robbanószerkezetek előállítására is. Ezen fegyverek némelyike már létező mintákon alapul, mint például a Glock 17 maroklőfegyver, míg mások eredeti tervezésű, vagy szabadon elérhető tervek módosított változatai, mint például a már korábban említett módosított FGC-9, és Plasticov konstrukciók.⁹¹

Szükségesnek érzem kiemelni, hogy ezen házilagos módszerekkel gyártott lőfegyverek ténylegesen nem képesek (és nem is hivatottak) lecserélni a hagyományos gyártásfolyamatok útján készült, sokkalta megbízhatóbb ellenpáraikat, azonban a polgárháború során megfelelő eszköznek bizonyultak arra, hogy nem-állami szereplők hatékony módon tudjanak fegyveresen fellépni a sokkalta jobban felszerelt kormányzati erők ellen, és az állam erőszak feletti monopóliumát csorbítsák.

A konfliktus során a fegyverek leggyakoribb célja a kiképzés, és a rajtaütés-szerű támadások támogatása; utóbbi esetében olyan célok ellen, mint például logisztikai csomópontok vagy elszigetelt, utánpótlást szállító járművek. Tényleges értéket a felkelőcsoportok számára ezen fegyverek költséghatékonyságuk, – szakszerű elkészítésük esetén – megbízhatóságuk, és egyszer-használatosságuk miatt képvisel. Amennyiben felhasználóját a fegyvernek sikerült egy hagyományos lőfegyverhez segítenie, vagy a feladat

⁹⁰ AA, 2020. *Arakan Army*. [Online]

⁹¹ (Daly, 2023)

teljesítésének végéig az működőképes maradt, abban az esetben hatványozottan megérte a gyártásához felhasznált energia és nyersanyag.⁹²

A felkelőcsoportok által használt 3D nyomtatók beszerzése online piacokról, helyi boltokból, vagy akár külföldi támogatók bevonásával történik tekintettel arra, hogy maga a gép megvásárlása jogszabályba nem ütközik. A felhasznált alapanyagokat rendszerint hasonlóan legális forrásokból szerzik be, például a nyomtatáshoz szükséges műanyagvezetkeket a világhálón vásárolják, azonban a fegyvercsőhöz szükséges fémcsövek, rugók, csavarok, szögek beszerzése már külön, konspirált módon történt internetes rendelésekből, vagy hulladékanyagok újrahasznosításából származik.⁹³ A szervezet ingyenes, nyílt forráskódú szoftvereket és online platformokat használ ugyanazon fegyverek és alkatrészek digitális modelljeinek letöltésére vagy további megosztására, melyeket a korábban bemutatott Deterrence Dispensed, és a hozzá hasonló független csoportok terveztek, fejlesztettek ki. A PDF tagjai mindezek mellett a közösségi médiát, és titkosított üzenetküldő alkalmazásokat használnak a szervezet más részeivel való kommunikációra, valamint Tatmadaw csapatok, és kormányzati személyek ellen való rajtaütéseik koordinációjára.⁹⁴

Gyakorlati példaként szolgál a 2023. július 6-án, Okpho település területén elkövetett rajtaütés, melynek során a hagyományos lőfegyverek mellett az FGC-9 is szerepet játszott egy, a katonai kormányzat által támogatott milícia tábornokának meggyilkolásában. A támadás során a gyilkosság végrehajtására egy török gyártmányú, öntöltő sörétespuskát használtak, azonban a területet biztosító és kisebb feladatokat ellátó felkelők FGC-9 karabélyokkal voltak felszerelve.⁹⁵

Az eset tisztán bemutatja az FGC-9 kiteljesedett szerepét a konfliktusban. A 2021 eleji eseményeket követően, ahogy a felkelőcsoportok rajtaütések és csempészet útján fokozatosan hagyományos lőfegyverekhez jutottak, úgy tolódott az additív gyártásfolyamatok útján létrehozott fegyverek szerepe a csupán támogató-biztosító, illetve kiképzési eszköz szerepkörökbe.

Egy, a „Wired” brit hírsatorna által készített interjúban nyilatkozó mérnök, – aki a felkelőcsoportok számára 3D nyomtatással pilóta nélküli légitáncműveket gyárt – állítása szerint a szervezetek a legnagyobb értéket már nem az alacsony minőségű alapanyagok, és a gyengébb összeszerelési minőség miatt gyakran megbízhatatlan 3D nyomtatott lőfegyverek gyártásában

⁹² Lloyd, C. & Lawrence, G., 2023. *3D-printed firearms & myanmar: Implications for conflict and security*. [Online]

⁹³ Molich-Hou, M., 2023. *Myanmar Rebels Rely on 3D Printed Guns to Fight Military Junta*. [Online]

⁹⁴ (Daly, 2023)

⁹⁵ War Noir, 2023. *Twitter*. [Online]

látják, hanem a hibrid, additív és hagyományos gyártásfolyamatok útján létrehozott drónokban. Ezekhez ma már széleskörben felhasználják az időközben kirobbant orosz-ukrán háború során ezen a területen megvalósult innovációk eredményeit is.⁹⁶

A mianmari polgárháború során tapasztaltak azt mutatják, hogy a 3D nyomtatott lőfegyverek annak ellenére, hogy olcsón, fedetten, és egyszerűen előállíthatók, egy fegyveres felkelés során még nem képesek kiváltani azokat a hagyományos lőfegyvereket, melyek csempészet, vagy rajtaütések útján a különböző nem-állami, agresszív szereplők birtokába kerülhetnek. Az olyan fegyverek, mint az FGC-9, egy köztes, átmeneti elemként jelennek meg. Olyan alacsony belépési szintet képviselő eszköznek számítanak, amelyek a hagyományosan gyártott fegyverek megszerzéséig kielégítik az állam fegyveres erői ellen való fellépéshez szükséges minimum követelményeket, és alkalmasak a zavarkeltésre. Ezen fegyverek átmenetet képesek teremteni a fegyvertelen, és megbízhatóan felszerelt felkelőcsoportok között.

A polgárháború elhúzódása során a hagyományos fegyverek előtérbe kerülése ellenére az additív gyártással létrehozott lőfegyverek központi szerepet játszottak. Alkalmazásukkal a felkelőcsoportok kellő nyomást tudtak gyakorolni a katonai kormányzat erőire egészen addig, amíg a folyamatos rajtaütések, és logisztikai vonalaik megszilárdulása engedményeként hagyományos lőfegyverekhez nem juthattak. Az FGC-9 és módosított változatai megbízható, azonban korlátozott képességekkel rendelkező eszközei voltak a felkelés kezdeti időszakának.

⁹⁶ Wesdorp, D., 2023. *WIRED UK*. [Online]

6. BEFEJEZÉS

6.1 Összegzés

Az additív gyártásfolyamatok fejlődése, és elterjedése a kutatás, fejlesztés és innováció mellett rengeteg iparágat és szervezetet érint, és érinteni fog a jövőben, köztük a védelmi ipart, és a rendvédelmi szerveket is.

A 3D nyomtatás hadipari alkalmazása napjainkban is létező jelenség, mára már integráns része számos csúcstechnológiás technikai eszköz tervezési és gyártási folyamatának. Az additív gyártás előnyei, mint a testreszabhatóság, anyag-, idő- és költséghatékonyság, és a komplex, eddig csak nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem előállítható geometriák létrehozásának lehetősége költséges nagyméretű gyártókapacitás nélkül tökéletesen kiegészíti a hagyományos szubtraktív folyamatokat. Dolgozatom első fejezeteiben arra törekedtem, hogy ezen gyártástechnológiák hátterét, és meglétének szükségességét szemléltessem egy modern, jövőbemutató védelmi szektor kontextusában.

A házilagosan gyártott lőfegyverek kérdésköre évtizedek óta meghatározó téma a terror- illetve bűncselekmények elkövetési metódusainak vizsgálatában. Azok biztonsági kockázatként, és fenyegetésként történő azonosítása régóta egyértelmű, kiemelten azon országokban, melyeknek fegyverbirtoklási jogszabályai az esetleges ártó célú felhasználókat pszichológiai, vagy más utakon kiszűrik. Dolgozatom további részében azon improvizált lőfegyverekre koncentráltam, melyeket a 3D nyomtatás elterjedése elérhetőbbé tett a hagyományos kialakítású, legális lőfegyverhez történő hozzáférés lehetőségének hiányában. Egy motivált elkövető gyakran egy a saját maga, vagy más által, nemhivatalos módszerekkel, fedett módon gyártott (vagy csempészett) lőfegyvert használ.

Egészen napjainkig a lőfegyverek házilagos elkészítésének kifejezetten magas „belépési szintje” volt. A megbízható elsütőszerkezet, zár, fegyvercső, valamint az azokat összefogó tokozat elkészítése több, különálló szakmai ág magasszintű ismeretét, illetve a hatóságok elől fedett gyártó- és összeszerelőműhelyt igényelt. Az improvizált lőfegyverek léteztek (csak a Philip Luty által az 1990-s években tervezett „Luty” géppisztolyra kell gondolni), azonban elterjedésüknek továbbra is gátat szabtak a gyártásukhoz szükséges, korlátozó tényezők. Véleményem szerint ezt a fennálló helyzetet volt képes megváltoztatni az additív gyártás megjelenése, és annak háztartásokban való elterjedése. A gyors, és jó minőséget képviselő erős alkatrészek házilagos gyártásának elérhetővé válása a technikai, míg a fegyverek létrehozásán

egyre hatékonyabban, és rejtett módon munkálkodó decentralizált közösségek pedig az elméleti korlátait döntötték le az improvizált lőfegyverek proliferációjának.

Ezen folyamat eredményeként történhettek meg a dolgozatom utolsó fejezetében vizsgált esetek. Az európai bűncselekményekben történő megjelenésük, és növekvő gyakoriságuk, valamint a folyamatban lévő mianmari polgárháború során bizonyított hatékonyságuk mutatja, hogy az ily módon gyártott lőfegyverek által jelentett kockázat nagy valószínűséggel a jövőben tovább növekszik majd.

6.2 Kutatási kérdések megválaszolása

6.2.1 Első kutatási kérdés

Az első kutatási kérdésem, miszerint *„Biztonsági kockázatnak számítanak-e a 3D nyomtatás segítségével létrehozott lőfegyverek?”* vizsgálatom alapján egyértelműen „igennel” válaszolható meg. A 3D nyomtatott lőfegyverek elérik, és egyszerűbb gyártási módszereik okán meg is haladják az előzőleg útmutatók alapján előállítható (mint például az előbb említett „Luty”) lőfegyverek által jelentett kockázat mértékét. A dolgozatomban vizsgált „FGC-9” karabély célzottan olyan gyártási módszerek és nyersanyagok alkalmazásával került tervezésre, melyek az Európai Unió országaiban, köztük Hazánk területén is szabadon, korlátozás nélkül elérhetők. A világhálón elérhető fegyverek és alkatrészek fájljaihoz csatolt útmutató pedig következetesen, a fegyverzettechnikai jártassággal nem rendelkező laikus személyek számára is érthető formában, kellő részletességgel, a bonyolult részletek mellőzésével került megírásra. Az ilyen eszközök évről-évre növekvő lefoglalásának száma továbbá arra is enged következtetni, hogy azok feketepiaci jelenléte is számottevő.

6.2.2 Második kutatási kérdés

Második kutatási kérdésemre, miszerint *„Lehetséges-e a hatékony, gyakorlatban is kivitelezhető fellépés ezen lőfegyverek elterjedése ellen?”* már nem olyan egyszerű a válasz. A kutatásom alatt áttekintett bűnesetek, valamint a rendvédelmi szervek, Deterrence Dispensed, és annak tagjai által közzétett internetes nyilatkozatok és adatok arra engednek következtetni, hogy amennyiben a szükséges fájlok fedetten, a rendvédelmi szervek elől rejtett módon egy számítógépre, majd egy 3D nyomtatóra juttathatók, abban az esetben a fegyvergyártás felderítésére lehetőséget adó időszak ablaka bezárult. A lőfegyver nem 3D nyomtatható

alkatrészeinek beszerzése, valamint összeszerelése már nem a világhálón, a rendvédelmi szervek által ellenőrizhető területen történik. A szükséges fájlok fedett letöltése sem nehéz feladat, egyszerűen egy ingyenesen, vagy fizetéssel elérhető VPN (Virtual Private Network⁹⁷) hozzáférés szükséges, amely elrejtí az elkövető internetes IP-címét⁹⁸. E tényező miatt történik gyakran az, hogy a lőfegyverek lefoglalása más, független bűncselekmény nyomozásának eredményeként történik.

A fegyverek fájljainak elérését már számos módon próbálták korlátozni a hatóságok⁹⁹, azonban azok újbóli megjelenése, vagy fizikai terjesztése a világháló sajátosságai miatt elkerülhetetlen. Példaként tudnám felhozni azt a kutatásom keretében vizsgált időszakot, amely során a Defense Distributed számára nem volt engedélyezve fájljainak internetes közzététele, ezért a fegyverek elkészítéséhez szükséges fájlokat tartalmazó adathordozókat postai úton kézbesítették minden arra igényt tartó számára, sikeresen.

Másik megoldás lehetne a 3D nyomtatók hatósági ellenőrzése. Ez azt igényelné, hogy minden egyes nyomtatót birtokló személy folyamatos kapcsolatban legyen a hatóságokkal a 3D nyomtatója használatát illetően, vagy azt, hogy minden egyes gép az országba történő importáláskor átessen egy ellenőrzési, és technikai beavatkozási folyamaton, melynek során különböző, a 3D nyomtató használatához fűződő adatok rendvédelmi szerveknek történő küldésére alkalmas technika történne beszerelésre. Ilyen szintű rendvédelmi beavatkozást határozottan kivitelezhetetlennek és szükségtelennek tartok.

Kutatásom eredményeként ezért második kérdésemre nemlegesen kell válaszolnom. A jelenlegi állás szerint a tisztán, más bűncselekményektől elkülönítve a 3D nyomtatott lőfegyverek gyártásának felderítése abban az esetben tud megtörténni, amennyiben az elkövető az alap internetes fedettségi technikákat elhanyagolva, a saját internetkapcsolatát felhasználva, a nyílt internetről fér hozzá a fájlokhoz, vagy arról nyíltan beszél, és feljelentésre kerül. A legcélravezetőbb technika véleményem szerint az ezen fájlokra specializálódott magasabb monitorozás, és a nemzetközi rendészeti együttműködés erősítése lenne. Esetenként előfordul, hogy a lőszer összeállításához szükséges lövedékek, vagy annak más elemei szabadon nem

⁹⁷ A „virtuális magánhálózat” közvetlen pont-pont kapcsolatot létesít a számítógép és egy VPN-szolgáltató tulajdonában lévő távoli kiszolgáló egység között, ezáltal létrehozva egy két pont közötti „alagutat”, amely titkosítja a személyes adatokat, elrejtí a felhasználó IP-címét, és lehetővé teszi a webhelykorlátozások és tűzfalak kikerülését az interneten. Hasonló elv alapján működik a TOR projekt által működtetett TOR böngésző is, amely az erre a célra leggyakrabban alkalmazott ingyenes szolgáltatás.

⁹⁸ Az internetszolgáltató által minden készüléknek kiadott azonosító, amely alapján beazonosítható lenne az adott elkövető, és internetes forgalma.

⁹⁹ Grossman, D., 2018. *Defense Distributed Is Selling 3D Printed Gun Files—Through the Mail*. [Online]

elérhetőek az elkövető országában, ezért „európai körútra” megy azok beszerzése érdekében, élve az Unió országai közötti szabad mozgás jogával.

Saját véleményem az, hogy a 3D nyomtatás technológiája önmagában nem egy veszélyes, vagy aggodalomra okot adó technológia, amit korlátozni kellene annak érdekében, hogy a segítségével gyártható lőfegyverek problémája megoldásra kerüljön. A gyártási módszer önmagában pontosan olyan ártalmatlan, mint bármely más ipari eszköz, amit ártó céllal is fel lehet használni. A 3D nyomtatók beszerzésének és alkalmazásának korlátozását (és ezáltal a figyelem 3D nyomtatott lőfegyverekre történő irányítását) kontraproduktívnak tartom.

6.3 Eredmények várható hasznossága

Véleményem szerint kutatásom eredményei várhatóan a későbbiekben a biztonság- és védelempolitika, illetve katonai műszaki tudományok területén válhatnak hasznosíthatóvá abban az esetben, ha ezen témakör valamilyen váratlan hatás okán felértékelődik. Dolgozatomat a téma kezdeti kutatási eredményeinek bemutatására szenteltem, annak mélyebbre ható vizsgálatát tanulmányaim során folytatni szeretném. Dolgozatom második fejezete bemutatja az additív gyártástechnológiák hagyományos logisztikai láncok megszakadása esetén felértékelődő szerepét. A harmadik, valamint negyedik fejezet pedig átfogó ismereteket ad a 3D nyomtatott lőfegyverek problémakörének ideológiai háttéréről és napjainkban történő felhasználásáról amellet, hogy technikai aspektusait részletesen elemzi.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Htet Myet Min Tun & Thuzar, M., 2022. Myanmar's National Unity Government: A Radical Arrangement to Counteract the Coup. *Perspective*, 28 január, pp. 6-.
2. (JStark1809), J. D., 2020. *Plastic Defence: Secret 3D Printed Guns in Europe* [Interjú] (24 November 2020).
3. AA, 2020. *Arakan Army*. [Online] Elérhető: <https://www.arakanarmy.net/about-us> [Hozzáférés dátuma: 1 November 2023].
4. Alexandra, P., 2023. *3Dnatives*. [Online] Elérhető: <https://www.3dnatives.com/en/fused-deposition-modeling100420174/> [Hozzáférés dátuma: 23 Szeptember 2023].
5. Anon., 2016. Top 10 things that were 3D printed in 2009. *Sculpteo*, 2 November .
6. Anon., 2021. *About Additive Manufacturing, Binder Jetting*. [Online] Elérhető: <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>
7. Anon., 2021. *Derwood's AP9 vs JStark1809's FGC9*. [Online] Elérhető: <https://web.archive.org/web/20210425184203/https://blog.itske.vin/post/616976731436367872/derwoods-ap9-vs-jstark1809s-fgc9> [Hozzáférés dátuma: 31 október 2023].
8. Anon., 2023. *Pioneers of Printing: Chuck Hull and the Beginning of 3D Printing*. [Online] Elérhető: https://www.drupa.com/en/Media_News/drupa_blog/Print_Technologies/Pioneers_of_Printing_Chuck_Hull_and_the_Beginning_of_3D_Printing
9. AP, 2023. *Finnish neo-nazis used 3D printer to make guns in preparation for 'Race War'*. [Online] Elérhető: <https://www.theguardian.com/world/2023/oct/31/finland-neo-nazis-convicted-crimes-with-terrorist-intent-3d-printer-guns> [Hozzáférés dátuma: 07 November 2023].
10. Balogh, B., Kovács, P. Z. & Szávai, S., 2019. Szimulációs eljárással támogatott 3D nyomtatás. *Multidiszciplináris tudományok*, 9(4), p. 535.
11. Barton, C., 2019. *As social networks crack down, 3D-printed gun community moves to new platforms*. [Online] Elérhető: <https://www.thetrace.org/2019/07/3d-printed-guns-social-media-ban/> [Hozzáférés dátuma: 30 október 2023].
12. Barton, C. & Bronwnlee, C., 2021. What Are 3D-Printed Guns, and Why Are They Controversial?. *The Trace*, 2 Február.
13. Bellon, T., 2018. *Reuters*. [Online] Elérhető: <https://www.reuters.com/article/usa-court-guns-idINKBN1KO251> [Hozzáférés dátuma: 3 Augusztus 2023].
14. Biggs, J., 2013. *TechCrunch*. [Online] Elérhető: <https://web.archive.org/web/20170326021347/https://techcrunch.com/2013/05/06/what-you-need-to-know-about-the-liberator-3d-printed-pistol/> [Hozzáférés dátuma: 06 november 2023].

15. Bureau of Alcohol, T. F. a. E., 2022. *ATF.gov*. [Online] Elérhető: <https://www.atf.gov/firearms/docs/guide/overview-final-rule-2021r-05f-definition-%E2%80%9Cframe-or-receiver%E2%80%9D-and-identification/download> [Hozzáférés dátuma: 31 Október 2023].
16. Castor, 2021. *Additive Manufacturing Applications in the Defense Industry*. [Online] Elérhető: <https://www.3dcastor.com/post/additive-manufacturing-defense-industry>
17. Crump, S. S., 1989. Egyesült Államok, Szabadalom száma: US5121329A.
18. CTRLPew, dátum nélk. *Odysee*. [Online] Elérhető: <https://odysee.com/@CTRLPew:1?&sunset=lbrytv> [Hozzáférés dátuma: 30 Október 2023].
19. Daly, M., 2023. *What Unites Organised Crime in Europe With Rebels in Myanmar? 3D-Printed Guns..* [Online] Elérhető: <https://www.vice.com/en/article/xgwyga/3d-printed-guns-gangs-rebels> [Hozzáférés dátuma: 2 November 2023].
20. Dearden, L., 2019. *Use of 3D printed guns in German synagogue shooting must act as warning to security services, experts say*, London: ismeretlen szerző
21. Deckard, C. R., 1987. Egyesült Államok, Szabadalom száma: US5597589A.
22. Eurojust, 2022. *Slovak and Czech authorities take action against right-wing terrorism*. [Online] Elérhető: <https://www.eurojust.europa.eu/news/slovak-and-czech-authorities-take-action-against-right-wing-terrorism> [Hozzáférés dátuma: 1 november 2023].
23. Europol, 2021. *Europol Spotlight - The use of violence by organised crime group*. [Online] Elérhető: <https://www.europol.europa.eu/publications-events/publications/europol-spotlight-use-of-violence-organised-crime-groups> [Hozzáférés dátuma: 30 10 2023].
24. Europol, 2021. *Organised crime groups fuel a rise in violent crime in the EU*. [Online] Elérhető: <https://www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/organised-crime-groups-fuel-rise-in-violent-crime-in-eu> [Hozzáférés dátuma: 30 10 2023].
25. Europol, 2022. *Printing insecurity: Tackling the threat of 3D printed guns in Europe*. [Online] Elérhető: <https://www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/printing-insecurity-tackling-threat-of-3d-printed-guns-in-europe> [Hozzáférés dátuma: 31 Október 2023].
26. Europol, 2022. *Suspect arrested in Slovakia for spreading hate speech and 3D printed weapons manuals*. [Online] Elérhető: <https://www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/suspect-arrested-in-slovakia-for-spreading-hate-speech-and-3d-printed-weapons-manuals> [Hozzáférés dátuma: 2 November 2023].
27. Everett, H., 2021. *GENERAL LATTICE SECURES US ARMY CONTRACT TO IMPROVE COMBAT HELMETS WITH 3D PRINTING*, hely nélk.: ismeretlen szerző
28. Gotev, G., 2022. *Europol keeps wary eye on threat from 3D-printed guns*. [Online] Elérhető: <https://www.euractiv.com/section/justice-home-affairs/news/europol-keeps-wary-eye-on-threat-from-3d-printed-guns/> [Hozzáférés dátuma: 01 November 2023].

29. Gray, T., 2009. Carve steel with salt water, electricity, and a tin earring. *Popular Science*.
30. Greenberg, A., 2013. *Forbes.com*. [Online] Elérhető: <https://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2013/05/09/state-department-demands-takedown-of-3d-printable-gun-for-possible-export-control-violation/> [Hozzáférés dátuma: 29 10 2023].
31. Greenberg, A., 2013. *Meet the 'liberator': Test-firing the world's first fully 3D-printed gun*. [Online] Elérhető: <https://www.forbes.com/sites/andygreenberg/2013/05/05/meet-the-liberator-test-firing-the-worlds-first-fully-3d-printed-gun/> [Hozzáférés dátuma: 27 október 2023].
32. Grossman, D., 2018. *Defense Distributed Is Selling 3D Printed Gun Files—Through the Mail*. [Online] Elérhető: <https://www.popularmechanics.com/technology/security/a22853988/defense-distributed-is-selling-3d-printed-gun-filesthrough-the-mail/> [Hozzáférés dátuma: 9 november 2023].
33. Hendrixson, S., 2022. *AM 101: NanoParticle Jetting (NPJ)*, Cincinnati: Gardner Business Media Inc.
34. Hull, C. W., 1984. Egyesült Államok, Szabadalom száma: US4575330A.
35. Huskamp, C., 2021. *3D Printing is the Future of Aerospace & Defense Manufacturing*, Albuquerque: ismeretlen szerző
36. ImproGuns, 2019. *Make a factory quality 9mm rifled barrel in your kitchen using salt water and electricity (ECM)*. [Online] Elérhető: <https://www.thefirearmblog.com/blog/2019/08/13/make-a-factory-quality-9mm-rifled-barrel-in-your-kitchen-using-salt-water-and-electricity-ecm/> [Hozzáférés dátuma: 22 10 2023].
37. Ismeretlen, 2021. *3D-printed firearms 'factory' in Finland raided*. [Online] Elérhető: <https://armamentresearch.com/3d-printed-firearms-factory-in-finland-raided/> [Hozzáférés dátuma: 01 November 2023].
38. Jackson, B., 2019. *INTERVIEW WITH THE ICSR: A 3D PRINTED GUN WAS NOT USED IN THE HALLE TERROR ATTACK*, New York: ismeretlen szerző
39. Kelly, K., 2020. The 3D-Printed Gun Isn't Coming. It's Already Here.. *GEN.Medium*, 13 Augusztus.
40. Larosiere, M., 2021. *Defense Distributed is selling 3D printed gun files—through the mail*. [Online] Elérhető: <https://www.thetruthaboutguns.com/3d-printing-pioneer-jstark-dies-under-suspicious-circumstances/> [Hozzáférés dátuma: 9 November 2023].
41. Lead, P., 2021. Powder Bed Fusion. *Additive Manufacturing Research Group*.
42. Linke, R., 2017. *Additive manufacturing, explained*, Cambridge: MIT.
43. Listek, V., 2023. *3Dprint.com*. [Online] Elérhető: <https://3dprint.com/301527/3d-printed-gun-related-arrests-double-from-2022/> [Hozzáférés dátuma: 31 Október 2023].

44. Lloyd, C. & Lawrence, G., 2023. *3D-printed firearms & myanmar: Implications for conflict and security*. [Online] Elérhető: <https://arquebus.uk/3d-printed-firearms-the-implications-for-conflict-and-security/> [Hozzáférés dátuma: 2 November 2023].
45. Márk, F., 2022. *Zaccord.com*. [Online] Elérhető: <https://www.zaccord.com/blog?id=10> [Hozzáférés dátuma: 20 Szeptember 2023].
46. Molich-Hou, M., 2023. *Myanmar Rebels Rely on 3D Printed Guns to Fight Military Junta*. [Online] Elérhető: <https://3dprint.com/302100/myanmar-rebels-rely-on-3d-printed-guns-to-fight-military-junta/> [Hozzáférés dátuma: 1 November 2023].
47. Nation, D., 2023. *“Printed Freedom”: 3D-printed firearm culture, hely nélk.: ismeretlen szerző*
48. Németh, A. & Gál, B., 2019. Additív Gyártástechnológiák Katonai Alkalmazásának Vizsgálata, Különös Tekintettel a Katonai Elektronika Területére. *Hadmérnök*, pp. 231-249.
49. Nilsson, E., 2022. *Manifestos of White Nationalist Ethno-Soldiers*, Uppsala: Swedish Defence Research Agency; Uppsala University.
50. Romoser, J., 2021. *SCOTUSblog*. [Online] Elérhető: <https://www.scotusblog.com/2021/02/3d-printed-firearms-and-liability-for-police-shootings/> [Hozzáférés dátuma: 29 október 2023].
51. Schoffer, F., 2016. How expiring patents are ushering in the next generation of 3D printing. *TechCrunch*, 16 Május.
52. Sensiba, J., 2021. *The Truth About Guns*. [Online] Elérhető: <https://www.thetruthaboutguns.com/building-the-fgc-9-getting-started-with-3d-printing-part-1/> [Hozzáférés dátuma: 14 November 2023].
53. Solutions, S., 2019. *Additive Manufacturing*. [Online] Elérhető: <https://www.slm-solutions.com/additive-manufacturing/> [Hozzáférés dátuma: 25 09 2023].
54. Spanyol Adóhatóság, 2021. *Desmantelado el primer taller ilegal de impresión de armas 3D en España*. [Online] Elérhető: https://www.policia.es/_es/comunicacion_prensa_detalle.php?ID=8705 [Hozzáférés dátuma: 13 11 2023].
55. Szerz. Nélk., 2021. *Can't Stop The Signal DEFCAD*. [Online] Elérhető: <https://www.redbubble.com/i/sticker/Can-t-Stop-The-Signal-DEFCAD-by-Jethawk1000/46587846.EJUG5> [Hozzáférés dátuma: 14 November 2023].
56. Szerz. Nélk., 2021. *Foundry Management & Technology*. [Online] Elérhető: <https://www.foundrymag.com/issues-and-ideas/article/21156671/project-developing-transportable-militarygrade-3dp-pod-the-exone-co> [Hozzáférés dátuma: 27. október 2023].
57. Szerző. Nélk., 2021. *ExOne developing portable AM system for US Department of Defense*. [Online] Elérhető: <https://www.metal-am.com/exone-developing-portable-am-system-for-us-department-of-defense/>

58. Taylor, M., 2021. *Forensic Magazine*. [Online] Elérhető: <https://www.forensicmag.com/561677-Forensic-Analysis-of-3D-printed-Firearms-Beyond-Traditional-Traceology/> [Hozzáférés dátuma: 14 November 2023].
59. Timon, 2021. *thecanarynews.com*. [Online] Elérhető: <https://thecanarynews.com/2021/04/secret-investigation-the-most-serious-threat-to-security-spains-first-3d-printed-weapons-workshop-dismantled-on-tenerife-one-man-arrested-with-explosives-and-white-supremacist-iconography/> [Hozzáférés dátuma: 02 November 2023].
60. Tirtichny, A., 2020. Using 3D printing technologies for micromechanical sensors production. *IOP Science*.
61. TTAG, 2020. *DIY guns, part 1: An intro to modern 3D printing and making your own firearm*. [Online] Elérhető: <https://www.thetruthaboutguns.com/diy-guns-an-intro-to-modern-3d-printing-and-making-your-own-firearms-at-home/> [Hozzáférés dátuma: 23 szeptember 2023].
62. TTAG, 2020. *DIY Guns, Part 3: 3D Gun Making, Advanced Builds, Processes and Techniques*. [Online] Elérhető: <https://web.archive.org/web/20230408142523/https://www.thetruthaboutguns.com/diy-guns-part-3-3d-gun-making-advanced-builds-processes-and-techniques/> [Hozzáférés dátuma: 31 Október 2023].
63. Turney, D., 2023. *What Material Does a 3D Printer Use? Plastic, Metal, and More*. [Online] Elérhető: <https://www.autodesk.com/design-make/articles/what-materials-are-used-in-3d-printing> [Hozzáférés dátuma: 24 09 2023].
64. Walker, R., 2016. *Bloomberg.com*. [Online] Elérhető: <https://www.bloomberg.com/features/2016-cody-wilson-ghost-gunner-ar-15/#xj4y7vzkg> [Hozzáférés dátuma: 27 október 2023].
65. Walther, G., 2014. *Printing Insecurity? The Security Implications of 3D-Printing of Weapons.*, Párizs: Springer.
66. War Noir, 2023. *Twitter*. [Online] Elérhető: https://twitter.com/war_noir/status/1676928528321851398 [Hozzáférés dátuma: 3 November 2023].
67. Wesdorp, D., 2023. *WIRED UK*. [Online] Elérhető: <https://www.wired.co.uk/article/the-rebel-drone-maker-of-myanmar> [Hozzáférés dátuma: 26 Október 2023].
68. Wilson, C., 2022. *Free Speech & Printed Guns with Cody Wilson* [Interjú] (08 április 2022).
69. Woods, E., 2020. Right-Wing Extremists' New Weapon. *Lawfare*, 15 Március.
70. YLE, 2023. *Finnish police suspect neo-Nazi group prepared for "race war" using 3D-printed weapons*. [Online] Elérhető: <https://yle.fi/a/74-20041829> [Hozzáférés dátuma: 1 November 2023].