

A lövészkatona alapvető kézi lőfegyverével vívott harcának elemzése

A lövészkatona alapvető lőfegyverével (Individual Combat Weapon – ICW) folytatott harca mérnöki szemlélettel, elemi eszközrendszerként, funkcióanalízissel elemezhető. Az elemi eszközrendszer fő képessége: a pontosság, a hatásosság és a használhatóság fogalmának bevezetésével és elemzésével, az elemi eszközrendszer alkotóelemeinek egymásra hatásának összevetésével lehetőség van az ICW-k mélyreható vizsgálatára. A 20. század közepétől napjainkig tartó időszakban a NATO és a Szövetségen kívüli legtöbb nyugati haderő legjellemzőbb ürmérete az $5,56 \times 45$ mm-es lett, amelynek legnagyobb számban gyártott alapfegyvere az M16 rohampuska és változatai. Emiatt ezen a fegyveren a legjobb bemutatni a funkcióanalízis folyamatát és eredményeit, illetve a jövő várható tendenciáit.

Kulcsszavak: lövész, alapvető egyéni lőfegyver, rohampuska, funkcióanalízis, pontosság, hatásosság, használhatóság, M16

Analysis of Infantrymen's Combat Operating Their Primary Individual Firearm

From an engineering perspective, infantrymen's combat operating their primary individual firearm can be analyzed by function analysis. By introducing and analyzing the concepts of accuracy, effectiveness and usability, and by comparing the mutual effects of these elements, it is possible to conduct an in-depth examination of individual service firearms. Since the middle of the 20th century until today the most widespread caliber in NATO and most western armies has been the 5.56×45 , which is fired by the M16 assault rifle and its variants. For this reason, it is best to present the process and results of the function analysis, as well as the expected future trends, on this weapon.

Keywords: infantryman, primary individual firearm, assault rifle, function analysis, accuracy, effectiveness, usability, M16

¹ Nyugállományú katona, szerződéses óraadó, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. E-mail: foldifdr@t-online.hu

Bevezetés

Már a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolájában (ZMNE KMDI) megkezdett tanulmányaim legelején foglalkozni kezdtem annak vizsgálatával, hogy egy, máskülönben teljesen egyértelműnek tűnő harcászati kérdés (a lövészkatona kézfegyveres harca) elemzése lehetséges-e nem csupán a hadtudományok szempontjából, hanem sokkal hangsúlyosabb mértékben a műszaki (mérnöki) fogalomrendszer alapján is.² Ehhez elengedhetetlen volt a rendszerszemléletű megközelítés. A funkcióanalízis-eljárás követelményei alapján tisztáznom kellett, és egyértelmű jellemzőkkel kellett leírnom, hogy mi lesz vizsgálatom konkrét tárgya. Miután ez az eljárás valóságos tárgyat kíván meg, ebben az esetben a lövészkatona kézfegyverekkel vívott harca minden tulajdonságát bíró, legkisebb, de még vizsgálható elemi eszközrendszerének mint anyagi valóságnak a meghatározása lett az első feladatomban. Ezzel foglalkozom az első részben, a másodikban az eszközrendszer képességekvetelményeivel, míg a harmadikban a jellemző és a NATO-n belül kiemelten elterjedt 5,56 mm-es űrméretű kézfegyver elemzését és fejlődését mutatom be.

Az elemi eszközrendszer meghatározása

Természetesen a harc logikájából következően könnyen feltételezhettem, hogy a legkisebb harcoló egységnek a katonát kell tekintenem a fegyverével, amit azonban bizonyítanom is kellett. Egy 2006-os tanulmányomban erről részletesen értekeztem.³ Ehhez a legtöbbet Sir John D. P. Keegan munkásságából merítettem,⁴ többek között, hogy a csata során a harc célja „az emberi szenvedés erőszak útján való okozása”,⁵ amelynek eredménye „az emberi csoportok dezintegrációja”.⁶ Ez „egyikük, vagy másikuk előbb morális, majd fizikai összeomlásához vezet”, és úgy érhető el,⁷ hogy „az ellenségnek olyan mértékű fizikai szenvedést kell okozni, hogy valóban legyőzöttnek érezze magát. Ehhez mindenkor ember ember elleni küzdelemre van szükség.”⁸ A szerző e meglátása adta meg számomra a kulcsot az elemi eszközrendszer meghatározásához, amely tehát nem más, mint a katona a maga fegyverével. Mivel Keegan erre a megállapítására a csaták hosszú sorának tanulmányozása alapján jutott el, ezúttal meg merem engedni magamnak, hogy ne foglalkozzak olyan mélységben a katona és személyi fegyvere történelmi fejlődésével,

² 1978 óta foglalkoztam a kézfegyverek használatának különböző kérdéseivel, később, 1986 óta a Magyar Néphadsereg Haditechnikai Intézet (HTI) Fegyver-lőszer osztály kézfegyver-fejlesztő főtisztjeként szolgáltam több mint 12 évig. Ennek alapján az átlagosnál sokkal több információra tettem szert, főleg több évtizedes lőtéri gyakorlati tapasztalataim alapján (lőpróbák, „nyúzóp próbák”, több százezer lövés leadásával).

³ FÖLDI Ferenc (2006a): Gondolatok a fegyver szerepéről a harcban. *Hadmérnök*, 1(1), 83–101.

⁴ John KEEGAN (2000): *A csata arca*. Ford. Kőrös László. Budapest: Aquila.

⁵ KEEGAN 2000: 37.

⁶ KEEGAN 2000: 346.

⁷ KEEGAN 2000: 344.

⁸ KEEGAN 2000: 343–344.

mint ahogy azt egy későbbi tanulmányomban megtettem,⁹ hanem abból kiemelve eredményeimet rögtön a 21. század viszonyaira lebontva, a lövészkatona és tűzfegyvere elemi rendszerét elemeztem tovább. Ez a tűzfegyver a lövészkatona alapvető lőfegyvere. Annak tisztázása, hogy mi okozza az emberi szenvedést, különösebb irodalomkutatás nélkül is felismerhető volt számomra: ez nem más, mint az emberi szervezetet ért traumahatás, amely lehet fizikai vagy lelki egyaránt. Ezt a traumahatást már minimális orvosi ismeretekkel is le lehetett fordítani az emberi szervezetet erő energia hatására. Ezt az energiát neveztem el *elsődleges károsító energiának*.¹⁰ A kérdés már csak az volt, milyen energiából lehet ezt az energiát előállítani, és milyen módon lehet az emberi testbe eljuttatni. A vizsgálatom tárgyát képező 20. századi lőfegyver az ismert módon a lőpor elégetéséből keletkező gázok termikus energiájának döntő többségét használja erre a célra, de csak közvetítő anyagi valóság, a *lövedék* segítségével, amelynek fedezi a mozgási energiáját a röppályán (ez a *transzportáló energia*), és a maradék mozgási energia a célnál válik becsapódási energiává, de a célon belül lesz *károsító energiává*. Ami alapesetben csak akkor igaz, ha a célt nem védi valamiféle ballisztikai védőelem, vagy a *lövedék* nem lép ki a testből, és visz magával a becsapódási energiából valamekkora hányadot. Miután az energia szempontjából a károsítás meghatározhatóvá vált, már csak annak mértékét kellett meghatároznom, ami az egyik legnehezebb feladattá vált a szakirodalom sokszor egymással is ellentmondó adatai alapján. Végül önkényesen ezt az értéket 150 J-ra tettem.¹¹ Ehhez a *károsító energiához* viszont szükség volt a lőporgázok által generált maximális energiára (az átmeneti ballisztika zónája végén, ahol a legmagasabb), ami további elemzéseket igényelt, de már figyelembe kellett vennem az energiát birtokló anyagi valóság, a *lövedék* szerepét is, mert könnyen belátható, hogy a röppályán a *lövedékre* a környezet hatásain kívül a *fegyver* részéről a csőtorkolat minősége és a huzagolás megfelelősége lehet hatással. A *fegyver* karakterisztikáját alapul véve a hatásos célzott lőtávolság ritkán haladja meg a 400 m-t (mert a károsítás elérésére biztosan el is kell találni a célt). Ezen a lőtávolságon, ha a *lövedék* becsapódási energiája $E_b \sim 630$ J, akkor a torkolati $E_0 > 2$ kJ, ez bőven fedezi a szükséges *károsító energiát*.¹² Megállapítható, hogy ilyen lőtávolságban a jelenleg rendszerben álló 7,62 mm-es 43M és 5,56 mm-es SS109 NATO ürméretű *lövedékekhez* rendszeresített gépkarabélyok vagy rohamfegyverek mindegyike kielégíti ezt a torkolatienergia-követelményt, ha azokkal biztos találat elérhető.¹³ Amennyiben viszont a célszemély szabványos lövedékálló védőmellényt visel,¹⁴ akkor csak a kiegészítő betéteinek területén kívüli célfelületek támadhatók eredményesen. Ám a hivatkozott szabvány

⁹ FÖLDI Ferenc (2018): A lövészkatona, mint elemi eszközrendszer vizsgálata a harcban. A „lövészkatona” harcának eszközrendszere a műszaki fejlesztő szemszögéből. *Hadmérnök*, 13(3), 50–67.

¹⁰ FÖLDI 2018: 53., 56. A másodlagosan károsító energiát hordozó lövedék a célba csapódva nem mozgási, hanem detonációt okozó kémiai energiával rombol. Ebben az esetben a kézfegyverről lőhető gránátokról van szó.

¹¹ FÖLDI 2018: 54.

¹² Például a *Löfe/1. A korszerűsített 7,62 mm-es AKM-63 géppisztoly leírása és karbantartási utasítása* (1964). [H. n.]: A Honvédelmi Minisztérium Kiadása. 3. melléklet. 72.

¹³ FÖLDI Ferenc (2006b): Gondolatok a pontosságról. *Hadmérnök*, 1(1), 110.

¹⁴ MSZ K 1114-1: 1999. Testpáncélok. K5–K8 védelmi fokozat (3.2.9.5.–3.2.9.8. pont). 7.; „szabályos találat okozta áthatolás nem megengedett”: 2.6. pont. 5.

csak adott számú lövés elviselését írja elő. Ha ennél több találatot lehet sorozatlövessel elérni a célfelületen, akkor természetesen megtörténhet a cél kikapcsolása, mert amit a hat századmásodperc alatt becsapódó, $\sim 1,6$ kJ energiájú *lövedékek*¹⁵ az emberi testtel még behatolás nélkül is megtennének, az megítélésem szerint bőven elegendő a harc képtelenné tételhez. A *lövedék* tehát az energiaátadás nélkülözhetetlen eleme, de ugyanakkor önmagában nem elemezhető az elemi eszközrendszerben (amelyet R jelöléssel láttam el), ahogy a *fegyver* sem, mert csak a kettő egymásra hatásában értékelhető. Kimondhattam, hogy a *fegyver* és a *lövedék* együtt az R tárgyi (technikai) részrendszerét képezi (ezt R_f megjelöléssel illettam). Miután a lövészkatonai harcának elemi eszközrendszeréről van szó, az R másik eleme maga a *lövész*, a humán faktor (a maga fizikális-mentális és szellemi állapotával, kiképzettségi szintjével és szinten tartottságával), amely szintén elválaszthatatlan a funkcióelemzés során. Tehát az R két elemezhető részből tevődik össze, a humán tényezőtől és az R_f részrendszerből. Ezek közül a második már alkalmas a műszaki szemléletű funkcióelemzésre, míg az első inkább a humán vizsgálatok körébe tartozik.

Az R és elemeinek funkcióanalízise

Első lépésként meghatároztam, hogy az R milyen képességekkel kell hogy bírjon az ellenfél harcából való kiiktatásának eléréséhez, amiről részletesen publikáltam is. Ezek: a *pontosság* képessége,¹⁶ a *hatásosság* képessége¹⁷ és a *használhatóság* képessége,¹⁸ azaz ebben a sorrendben a cél eltalálásának képessége, a leküzdéséhez szükséges *károsító energia* átadásának képessége és az R_f és a humán tényező illeszthetőségének képessége. Az alapkövetelmények meghatározása után lehetségessé vált a funkcióanalízis alá vont R fő és kiegészítő funkcióinak meghatározása, majd ezek alapján a rendszer elemeinek ugyanilyen szempontú elemzése is.

Az R fő funkciója

A *lövésztől* származó elhatározás alapján a háromdimenziós tér meghatározott pontjába meghatározott időben olyan mértékű *károsító energiát* transzportál, hogy az abban a térpontban tartózkodó kiválasztott célobjektumot biztosan harc képtelenné tegye vagy rombolja. Mellékfunkciója: a fő funkció szerinti képesség kötött számú¹⁹ reprodukálása és más energiafajta alkalmazása (általában önvédelmi célra, például a szoros közelharcban az emberi izomerő mint energiaforrás és a *fegyver* és kiegészítői mint eszközök). Ebben a felosztásban a két kiegészítő funkció egyes elemei esetleg keveredhetnek, de ez természetesnek tekinthető.

¹⁵ 600 lövés/perc tűzgyorsasággal számolva.

¹⁶ FÖLDI 2006b: 102–125.

¹⁷ FÖLDI Ferenc (2006d): Gondolatok a hatásosságról. *Hadmérnök*, 1(3), 67–84.

¹⁸ FÖLDI Ferenc (2006c): Gondolatok a használhatóságról. *Hadmérnök*, 1(3), 48–66.

¹⁹ A R a rendelkezésre álló *lövedékmennyiség*, azaz a *lövész* rendelkezésre álló tölténymennyiség.

A humán tényező fő funkciója

Alapvetően az arra jogosult személy parancsára vagy saját akaratából vagy kényszerítő körülmények hatására megindítja a lövésfolyamatot, amely folyamat eredményeképpen megtörténik a *károsító energia* átadása a kiválasztott célnak. Mellékfunkciója: az R_f hordozása, kezelése (a szükséges kapcsolások, beállítások elvégzése), üzemben tartása (karbantartás, javítás). A fő funkció ellátásának minőségét a *lövész* személyi jellemzői határozzák meg, legfőképp a *lövész* alkalmassága, valamint pillanatnyi testi, mentális állapota. A mellékfunkciók szoros kapcsolatban vannak a fő funkciókkal, és megállapítható, hogy azok ellátásának elhanyagolása jelentősen zavarja a fő funkció ellátását.

Az R_f funkciói

Az R_f funkcióit szétválasztva kívántam elemezni, tekintettel arra, hogy azt az egyes elemek összevont funkciói adják, továbbá e funkciók kölcsönhatását is könnyebb a továbbiakban részletesen elemezni.

A fegyver fő funkciója

Megindítja az energiatranszportálást a háromdimenziós tér *lövész* által meghatározott pontjába (irányba állítja, és elindítja a *lövedéket*), és ezt a funkcióját az elfogadható *pontossági* határokon belül szélsőséges körülmények között is *megbízhatóan* képes ellátni, a *lövész* által meghatározott mennyiségű ismétlődéssel. Mellékfunkciói:

- lehetővé teszi a *lövésznek* a megbízható célzást;
- biztosítja a *lövésznek*, hogy a lövésfolyamat során ne vétsen olyan lényeges hibát, amely jelentősen befolyásolná a lövés *pontosságát*;
- az elfogadható szintre csökkenti a lövésből a *lövészre* jutó terhelést;²⁰
- biztosítja a *lövész* számára a *használhatóságot*;
- indíthat másodlagos károsító energiát hordozó (gránátot) *lövedéket*;
- legalább korlátozottan biztosítja egy más energiatípusú felhasználását is önvédelemre,²¹ illetve az alaprendeltetéstől eltérő harctevékenységre.

A második–negyedik funkció minősége az ergonómiai kialakítás függvénye. Az utolsónak felsorolt mellékfunkció általában elengedhetetlen, tekintettel az R mellékfunkciójánál a testközeli önvédelem képességére.

²⁰ A hátraható erőt mérsékeli, a keletkező hőenergiát a környező levegőnek adja át (nem a *lövész* testének).

²¹ Például szoros közelharc esetén rohamkéssel (levehető szuronnal) látható el, illetve szerkezeti szilárdsága alkalmassá teszi ütések, csapások leadására és kivédésére egyaránt.

A lövedék fő funkciója

A *károsító energiát a fegyvertől* a háromdimenziós térben pontosan meghatározott helyre, a tér jól leírható részét magába foglaló célba szállítja, és ott megfelelő hatásfokkal átadja annak. Mellékfunkciói: felszabadítja a másodlagosan ható *károsító energiát* (gyújtó/robbanó *lövedék*), megmutat(hat)ja a *lövésznek* a célzási pont és a találat közötti eltérést (vagy a röppályának, vagy a becsapódás helyének, vagy mindkettőnek a láthatóvá tételével) a célzashelyesbítés lehetőségének biztosítása érdekében. Látszólag a *lövedék* a legkevésbé bonyolult elem, ugyanakkor kölcsönhatásban vizsgálva semmiképp sem elhanyagolható hatással van mind a *fegyverre*, mind a *humán tényezőre*, ezzel együtt az *R*-re.

Az *R* elemeinek részletes elemzését követően rátérek arra, melyek azok a legfontosabb kölcsönhatások, amelyek meghatározzák az *R* működését, továbbá a *pontosságot*, a *hatásosságot* és a *használhatóságot*.

A *lövész* szempontjából: az *R* tudatos elemeként fizikai, szellemi és felkészültségi szintje pillanatnyi eredőjének megfelelően alapvetően meghatározza (de csak az *R_f*-en keresztül) az *R pontosságát*, ismereti szintjének és hozzáállásának megfelelően befolyásolhatja az *R* működőképességének fenntartását.

A *fegyver* szempontjából: a *transzportációs energia* létrehozóképességének minősége, *pontossága*, a *lövedék* röppályára állításának képessége, ergonómiai kialakítása (mérete, kezelhetősége és tömege) a *lövész* és a *lövedék* pontosságával együttes hatásban határozza meg az *R pontossági* képességét. A *használhatóság* képességének kérdéskörébe tartozik az ergonómiai kialakítás. Ennek egy aspektusát külön is vizsgáltam a szállíthatóság tárgyalásánál. Megállapítottam, hogy a fegyvercső és a teljes *fegyver* hosszának aránya, a fegyverszerkezet kihasználtsági foka ($\eta_{kf} = L_{cső}/L_{fegyver}$), illetve a *lövedék* torkolati energiájának egységnyi fegyverhosszra eső mértéke, az energiakinyerési tényező ($E_{kinyer} = I_0/L_{fegyver} = [J/mm]$) fontos jellemzője lehet az *R_f*-nek, ez utóbbi alkalmas minden kézi tűzfegyver összehasonlítására is.²² Ha figyelembe vesszük, hogy a *lövedék* torkolati energiájának mennyiségét alapvetően a fegyvercső hossza határozza meg (mert abban zajlik a termodinamikai folyamat döntő hányada, bizonyos megkötésekkel tekinthető a termikus munkát végző szerkezeti hosszak). Minden más alkatrésze a *fegyvernek*, a csőfart lezáró szerkezeti elemen kívül, csak az *R_f lövésszel* való összekapcsolhatóságát (a *használhatóság* képességét) szolgálja.

A *lövedék* szempontjából: tömege a *fegyveren* keresztül befolyásolja a *lövész* terhelését (folyamatos terhelhetőségét). A röppálya mentén a mozgási energia vesztesének mértéke, továbbá a *károsító energia* átadási képessége a célnak döntő mértékben befolyásolja az *R hatásosságot*.

Kölcsönhatások a teljes lövésfolyamatban: a célzás, az elsütés, a ballisztikai folyamatok (belső, átmeneti, kül-, célballisztikai) és az abban részt vevő *R*-elemek, alkatrészek részletes elemzésével állapítottam meg, hogy milyen kölcsönhatások lépnek fel az *R*-ben, és milyen hatással vannak két legfontosabb jellemzőjére. A *lövész* a fegyvercsőfurat

²² FÖLDI 2018: 52. Minél magasabb az η_{kf} és az E_{kinyer} , annál jobb az *R_f* használhatósága.

megfelelő térbeli helyzetének beállításával (célzás) és folyamatos megtartásával (az elsütési, bel- és átmeneti ballisztikai tartományában) csak a *pontosságra* hat.²³ A bel- és átmeneti ballisztikai fázisban a *lövész*, a *fegyver* és a *lövedék* van kölcsönhatásban, és ez mind a *pontosságot*, mind a *hatásosságot* befolyásolja. Az R_f ergonómiája viszont erősen befolyásolja a *lövészt* a csőfurat megtartásában a lövés dinamikus hatása alatt. A *lövedéket* röppályáján már sem a *lövész*, sem a *fegyver* nem befolyásolhatja, de teljesen ki van szolgáltatva a környezet összes hatásának. A *lövedék* már sem a külballisztikai, sem a célballisztikai fázisban nem tud visszahatni sem a *lövészre*, sem a *fegyverre*.

Az R *pontossági* és *hatásossági* képességére a *lövésztől* a célíg tartó térrész környezeti viszonyai drámai befolyással vannak. Az átjárható közeg hőmérséklete, nyomása (ezekből a sűrűsége), más anyaggal való telítettsége (pára, por stb.), áramlási viszonyai a *lövedék* sebességvesztésének mértékét és a tervezett röppályán való megmaradásának képességét határozzák meg. A szinte követhetetlenül sok egymásra ható tényező és a kölcsönhatások alig átlátható és rendszertelenül változó kuszasága eredményeképp a *lövedék*-közeg egymásra hatás előre nem pontosan számítható, csak jósolható. Emiatt tudomásul kell venni, hogy minden lövés-találat összefüggés valamilyen valószínűségi kapcsolatban van egymással, amely nem lehet 100%-os. Az R és elemeinek egymás közötti, valamint a környezetnek és a célobjektumnak az R -rel és elemeivel való kölcsönhatásait részletesen elemezve megállapítottam, hogy a lövésfolyamat olyan folyamat, amelyre jellemző, hogy a folyamat során fellépő hatások rendre rontják az R elméleti hatásfokát, mivel minden tényező az R bemeneti hibáinak hatását erősíti fel. Ennek alapján feltártam az R képességeit meghatározó általános követelményeket. A *pontosságot* illetően kívánatos lenne az „egy lövés, egy találat” forgatókönyv, a célobjektum azonosíthatóságáig terjedő, illetve a csak a célobjektum eredményesen támadható olyan felületrészt felismerhetővé tevő lőtávolság, amelyen az alkalmazott *lövedék* képes a szükséges mértékű *károsító energiát* a célnak átadni. Ezzel lehet megakadályozni a járulékos veszteség (*collateral damage*) vagy a baráti tűz bekövetkezését. Viszont ez a két lőtávolság nem azonos, értelemszerűen a második sokkal kisebb is lehet. A *hatásosság* ebben az esetben azt jelenti, hogy a *becsapódási energia* a célíg tartó ballisztikai görbe teljes hosszában haladja meg a ballisztikai védőelem nélküli testet harcképtelenné tevő *károsító energiát*.

Az R működőképessége, *pontosságának* és *hatásosságának* megőrzési képessége elengedhetetlen minden reálisan feltételezhető környezeti hatásban és a *fegyver* teljes élettartamában.²⁴ Ez a *megbízhatóság* feltétele, amely megköveteli, hogy az R_f tervezett, lövésekben számított élettartamában²⁵ 5% működési hibahatáron belül őrizze meg megbízhatóságát 233–333 K hőmérséklet-tartományban, homokvihárban, néhány durvább behatás után is.²⁶ A *pontosság képessége* nem romolhat annyira, az élettartam végére sem,

²³ Mert a *lövedék* v_0 csőtorkolati sebességvektorának térbeli helyzete határozza meg tervezett röppályáját.

²⁴ Az R_f haditechnikai ellenőrző vizsgálata ennek a követelménynek az érvényesülését ellenőrzi, lőtéren, éles lövések leadásával, több *fegyverrel*, *lövesszel* és különböző gyártású tölténnyel.

²⁵ Legalább 10 000 lövés, de lehet több is.

²⁶ Például 2,5 méter magasból betonra leejtgetés, 4 km vonszolás különféle talajokon! HTI Technológiai Utasítás (HTI TU).

hogy e képesség mérőszámai (MOA, $T_{s_{x-y}}$) duplájukra nőjenek.²⁷ A *hatásosság* képességét meghatározó *lövedék* torkolati sebessége sem csökkenhet 10%-nál jobban.²⁸ Ezzel meghatároztam az *R* működőképességének legfontosabb számszerűsített jellemzőit, ahol a *megbízhatósági* képességek egy része természetesen a lövésre is vonatkozik (a humán tényezőnél a kiválasztással és a kiképzettséggel biztosítják), de a követelményeket teljeskörűen és alapvetően az *R_f*-re alkalmazzák (a tárgyi tényezőnél műszaki követelmény).

A közelmúlt, a jelen és a várható közeljövő *R_f*-rendszerének alapvető jellemzői a képességei, amelyeket az előbb részletesebben bemutatam. Most ezeket az elveket a NATO-ban minden érintett által jól ismert 5,56 mm-es M16 fegyversaládra és $5,56 \times 45$ mm-es töltényre vetítve kívánom elemezni a rendszeresítését követő időszaktól máig, a már lefektetett funkcióanalízis elvei alapján, azaz a *pontosság*, a *hatásosság* és a *használhatóság* képességének szemszögéből. A továbbiakban erre *R_f*-rendszerként fogok hivatkozni, egészen a 2022. év elejéig. Bár az *R_f* előlétele is megérne egy részletes elemzést, de épp a terjedelmi korlátok miatt ezt az elemzést már az M16 néven 1964-ben rendszeresített *R_f*-el indítom, hogy azután a típusváltozatok során keresztül érzékeltethessem a változások hatását a három képességre.

Az 5,56 mm-es M16 fegyver és az $5,56 \times 45$ mm-es M193 töltény *R_f*-*pontossági* képességét a töltény minősége határozta meg, mert a fegyver ergonomiai kialakítása maximális mértékben biztosította a *lövész* és a fegyver egymáshoz illesztését (erről majd a *használhatóságnál* írok), lehetővé téve a *lövésznek* a pontos célzást, az elsütést és a fegyver lövés közbeni megtartását. A töltény egy kissé átfogalmazott 222 Remington sporttöltényből született meg 1950-ben. A gázelveles, hosszú gázátvezető csővel táplált belső dugattyús (a zárkeret a henger, a zártest a dugattyú) gázmotoros fegyver a 3,55 g-os, 18,8 mm hosszú *lövedéket* 503 mm hosszú csővéből 380 Mpa csúcshőnyomáson 990 m/s sebességgel és 1,76 kJ torkolatközelbeli energiával indította.²⁹ Ezt viszont a *lövedék* nem túl barátságos külbálsztikai jellemzői miatt³⁰ igen hamar elvesztette.³¹ Ez a *pontosság* képességét is érintette, például 100 m távolságból diopterés irányzékával még eredményesen tudott harcolni fejalakméretű célok ellen, de 400 m lőtávolságból már nem,³² mert a könnyű *lövedék* teljesen ki volt szolgáltatva a környezet hatásainak. Emiatt erősen kérdéses volt a találat állóalakra széles vagy növényzettel fedett környezetben. A *hatásosság* képessége szempontjából az *R_f*-*lövedéke* 400 J feletti *károsító energiájával* még 400 m távolságban is kiiktathatta a harcban a célszemélyt, ha a *lövedék* eltalálta. Átütőképességét jellemezte 100 m-en a D-944 PSZH ajtó páncéllemezeének átlövése,

²⁷ MOA = Minute of Angle (szögperc). A szóráskép-értékelésnél az összes találatot magába foglaló kör átmérőjével és a csőtengely torkolati pontjával képzett egyenes kúp külszöge. $T_{s_{x-y}}$ a találatokat lefedő négyyszög területe. Adott lőtávolságon ez a kör/négyyszög legyen kisebb a cél támadható felületénél!

²⁸ Szintén HTI TU-követelmények. A felsorolt változások a gyári, új minőségű fegyver adataihoz képest értendőek.

²⁹ M16 Rifle [é. n.]. Wikipedia. A Range and accuracy bekezdés első táblázata.

³⁰ Az $l/d = 18,8/5,69 = 3,3$, a keresztmetszeti terhelés $= 0,14 \text{ g/mm}^2$, a torkolati fajlagos energiasűrűség $= 0,07 \text{ kJ/mm}^2$. A d itt a *lövedék* tényleges átmérője, amely értelemszerűen nagyobb, mint az űrméret.

³¹ Joshua GILLEM (2023): 5.56 NATO Ballistics and Cartridge Guide. *Gunners Den*, 2023. február 2. 300 m közelében már csak 716 J, a torkolatnak alig 40%-a.

³² A HTI „0” ponti lőfolyosón végzett vizsgálataink mutatták ki, XM16E1 fegyverrel löve.

saját HTI-méréseink szerint. A *pontosság* problémáját azzal kompenzálták, hogy már az alap M16 változat képes volt *másodlagos károsító energiát* hordozó *lövedékeket* (gránátot) lőni, kezdetben 22 mm-es puskagránátot a csőtorkolati szerelvényről külön indító vaktölténnyel, majd később már élestölténnyel is indítva. Azonban ezek a gránátok sem a *pontosság*, sem a *hatásosság*, sem a *használhatóság* szempontjából nem bizonyultak kielégítőnek, ezért már az M16A1 változatnál megjelentek a fegyvercső alá rögzített 40 × 46 mm-es M203 gránátlövő fegyverek, kezdetben a mellső markolat acélra cserélésével, később mellső csatoló sínek közvetítésével. Ez a megoldás a gránáttípusok sokfélesége által jelentősen kiterjesztette az *R* képességeit, főleg kisebb területcélók ellen. A *használhatóság* képességére jellemző volt, hogy kivitele és kezelése a lehető legnagyobb mértékben megfelelt a *lövész* igényeinek.

A *fegyver pontossági* képességével kapcsolatban nem volt igazolható a hazai szakirodalomban elterjedt nézet, hogy a *lövészt* veszélyeztette a merev fogantyúba illesztett nézőke miatt túlzottan magasra kiemelt irányzóvonal.³³ Ugyanakkor a *használhatóság* magas fokát biztosította a fegyvercsőfurat tengelyének meghosszabbításába eső tusa/tusatalp,³⁴ a tökéletesen kivitelezett változó keresztmetszetű mellső és a hátsó markolat, az alacsony elsütő erő és a különleges merev hordfogantyú, benne a kétállású nézőkével. A könnyűfém ötvözetű toknak és a műanyag elemeknek köszönhetően 3 kg-nál némiképp kisebb tömege sem volt túlzó a töltényhez képest, a lövésből származó hátrahatás a *lövészt* 4,3 J energiával terhelte.³⁵ A tölténytár kiürülésekor hátul maradó zár és kioldógombja biztosította a gyors csőretöltést, ez és a könnyen be- és kikapcsolható tár kimagasló túlélőképességet adott a *lövésznek*. Megbízhatóság szempontjából viszont a gázmotor igen szerényen teljesített, mert poros-homokos közegben (a homokolási próbán) rendre elbukott folyamatos elakadásai miatt. Ugyanakkor nagyon érzékeny volt a sáros, vizes környezetre is. Tartóssági vizsgálatnak gyári, új *fegyver* hiányában nem tudtuk alávetni. Saját korábbi tapasztalataink alapján egyértelművé vált, hogy a kellemetlenül gyakori töltési akadályok az ürítés elakadásából származnak, mert a hüvelyvonó egyszerűen letépte a hüvelyperem egy szegmensét, és a hüvely beleragadt a töltőűrbe, azt onnan nem lehetett kipiszkálni, mert a mellső zárbetét zártkoszorú-kialakítása miatt még lehajtott cső mellett sem lehetett a hüvelyperemhez hozzáférni. Ez a hiba egy 5 mm átmérőjű, kellő hosszúságúra vágott hegesztőpálca torkolat felőli betolásával egyszerűen és gyorsan javítható volt. Persze ez a megoldás nem volt kivitelezhető harci alkalmazás közben.³⁶

A *lövedék* érintő *pontossági* képesség legnagyobb problémáját az alacsony l/d viszonya és magas pálya menti sebességvesztése jelentette, amely jelentősen csökkentette a *lövedék* állékonyságát a röppályán.³⁷ A *hatásosság* képességét is kétségek övezték.

³³ Mert kevesebb mint 10 mm-rel volt csak magasabban, mint egy AK-é. 100 m-ről ez észre sem vehető.

³⁴ Továbbá a csőfurat tengelyébe eső gázmotor erővektorának, az ugyanabban mozgó helyretelő rugónak, a kiegyenlítőnek és a kompenzátorként is működő langrejtőnek is köszönhető alacsony csőfelugrási hajlam.

³⁵ M16 Rifle [é. n.]: a *Recoil* bekezdés táblázata.

³⁶ E. Stoner nem tervezett tisztítóvesszőt a *fegyverhez*, hanem áteső zsinórral kívánta megoldani a fegyvercső tisztítását. Megítélésem szerint az is közrejátszott, hogy az M163 töltény nem amerikai, hanem távol-keleti gyártásból származott, nem megfelelő anyagminőségben, és nem bírta ki a kézi ürítésnél (222 Remington) sokkal nagyobb dinamikus terhelést.

³⁷ A *lövedék* hosszának és átmérőjének hányadosa a pörgettyűhatás stabilizálóképességét befolyásolja.

A már-már legendás hidrodinamikai lökő hullám hatására képződő, a nyirokrendszert károsító nagy nyomást még 100 m-en sem tudtuk igazolni a HTI-lőtéri vizsgálatokon speciális mérési módszerrel, teljesen feltöltött, légmentesen lezárt vékony falú bádogg-tartályra lövéssel legfeljebb 25 m-en belül történt néhány tartályszétvetés, a *lövedékek* inkább csak áthaladtak rajta.

A felsorolt hiányosságok és a hadsereg nyomása arra készítette a Colt céget, hogy jelentős átalakításokba kezdjen. Ennek első lépése egy javított *fegyver* elkészítése volt (krómozott töltőürrrel, később végig a csőfuratban is, zárolásrészegítő nyomólappal és 30 töltényes tárral), amelyet végül M16A1 néven rendszeresítettek. Ez azonban nem volt elegendő a *pontosság*, a *hatásosság* és a *használhatóság* képességének jelentős javítására, ugyanis jól látható lett, hogy az M193 töltényben nincs meg a szükséges teljesítménytöbbség. Az eddigi hibákból okulva a következő, most már valóban radikálisabb változást az M16A2 *fegyver* hozta, mert ez az R_f már az új M855 (SS109) töltényt tüzelte,³⁸ továbbá több távolságban állítható hátsó irányzéka lett, valamint kivetett hüvelyterelője a tok jobb oldalán, nehezebb lett a csőve, és továbbfejlesztették a mellső markolatát, a pisztoly-markolatát és a tusatalpját. Új tűzváltót kapott, amely öntöltő és háromlövéses tűzlökési üzemmódot tett lehetővé (az akkor modernnek tartott elvek szerint, mert a 700–950 lövés/perc tűzgyorsaság még nem rángatta el a *lövészt*). Viszont a *fegyver* csőfurat-huzagolása egy fordulatának hosszát 304,8 mm-ről 177,8 mm-re kellett változtatni az új, M855 *lövedék* stabilitásának biztosítása érdekében. Ezután az M193 *lövedéket* az M16A2, az új M855 *lövedéket* az M16A1 *fegyverből* nem volt értelme kilőni, mert a magok egész rövid lőtávolságon már elfordultak, majd elhagyták a számított röppályát. Jól mutatta ezt, hogy a céllapon nem kerek, hanem lencse alakú nyomot hagytak. A *fegyver* az M855 (SS109) töltény már 4,02 g-os, 23 mm hosszú *lövedékét* 508 mm-es fegyvercsőből 380 Mpa csúcsnyomáson mintegy 948 m/s sebességgel és 1,8 kJ torkolati energiával lötte ki.³⁹ Ez az R_f *pontossági* képességét némileg javította. *Hatásosságát* a *lövedék* orrába beépített edzett acélkúp viszont jelentősen növelte: ezt a mögötte levő teljes ólomtömeg úgy ütötte át a kemény célon, mint kalapács a szöveget. A töltényt a NATO 5,56 × 45 mm NATO megjelöléssel 1980. október 28-án szabványosította a STANAG 4172 szabványban.

Az 1997 júliusában elfogadott M16A4 lett az M16-sorozat ötödik generációja. Még vastagabb csövet, levehető hordfogantyút és felső Picatinny sínt kapott az optika és egyéb kiegészítő eszközök felszereléséhez. Továbbá a mellső markolat aljára is sín került a mellső fogantyú (később beépített villalábbal), illetve hasonló szerelvények elhelyezésére. Az elődeinél alig jobb képességű *fegyver* viszont visszakapta a hosszúsorozat-lövés lehetőségét. Mindeközben (gyakorlatilag az M16A1-től kezdve) megindult a klasszikus puskaméretű fegyverhossz egyre radikálisabb csökkentése a *használhatóság* jelentős javítására, amely alapvetően a csőhossz kurtítását jelentette 508 mm-ről egészen 210 mm-re, ez végül 41 m/s torkolati sebességsökkenést és 1,56 kJ-ra csökkent torkolati energiát

³⁸ Az SS109 az eredetit tervező belga FN Herstal cég típusjele.

³⁹ 5,56 × 45mm NATO [é. n.]. *Wikipedia*. Az $l/d = 3,34$, a keresztmetszeti terhelés = 0,16 g/mm², a torkolati fajlagos energiasűrűség = 0,07 kJ/mm². 300 m közelében mozgási energiája már csak 819 J, a torkolatának 46%-a.

jelentett.⁴⁰ Továbbá a merev tusát teleszkópossá alakították át, 82 mm hossznyeréssel és átalakított többcélú válltámasszal és váll-lappal. Mindezek az átalakítások a *pontosság* képességén belül a célzás hatékonyságát is szolgálták, főleg az éjszakai harcban, a modern passzív éjjellátó műszerek felszerelésének elősegítésére. Ennek a tevékenységnek mintegy az oldalvívén az amerikai tengerészgyalogság (US Marine Corps – USMC) nyomására a 80-as években kifejlesztették az M16A2 rohampuska rövidebb változatát M4 Carbine megjelöléssel, és az USMC 21. századi meghatározó lőfegyvereként tekintettek rá. Máig. Az M4 1994-ben lett az amerikai fegyveres erők rendszeresített *fegyvere*, azóta mintegy 90 módosításon esett át (M4A1), megerősítették a csövét, javították az ergonómiáját, megkapta a *SOPMOD Block I* kit tartozéksomagot.⁴¹ Ezzel úgy tűnt, hosszú időre megoldódik az amerikaiak minden 5,56 mm-es űrméretproblémája, legalábbis a *fegyvert* érintően, de nem! Az iraki és afganisztáni tapasztalatok azt mutatták, hogy hiába használnak már szinte utópisztikus *fegyvert*, ha a töltény teljesítménye semmiképp nem tudja azt követni. A 2000-es évek során az USMC úgy ítélte meg, hogy az ellenség AK *fegyverei* nagyobb távolságból képesek fenyegetni, amit az M855 tölténnyel nem lehet ellensúlyozni,⁴² mert a tálibok nagyobb távolságú támadásainak visszaverésére még az M855 töltény is kevésnek bizonyult. Ugyanakkor az afgán tapasztalatok azt jelezték, hogy az M855 töltény *lövedékéhez* túl sovány az afgán élőerő, mert közelharc esetén az simán áthatol rajta, bennmaradó *károsító energiája* alacsony, stophatása szinte semmi, ha nem ronszol létfontosságú szervet, akkor nem is kapcsolja ki az ellenfelet a harcból.⁴³ Ezen megfigyelések alapján készült el az M855A1 fokozott teljesítményű töltény, amelynek szintén 4,02 g-os félköpenyes *lövedéke* van, acélból készült kétlépcsős kúpáthatolóval a csúcán, emögött bizmut-ón ötvözet biztosítja a kalapácsolást (mint ahogy az M855 *lövedéknek* az ólomtömege). Az 1,85 kJ torkolati energiájú *lövedék* bizonyos források szerint sokkal durvább hidrodinamikus és termikus sokkot ébreszt az emberi szövetekben, mint elődje.⁴⁴ A 25,2 mm hosszú *lövedék* stabilabb a röppályán. Ugyanakkor erősen belelóg a hüvelybe (az azonos tölténnyel tartani kellett az adogatási problémák elkerülése érdekében). Ezért más összetételű löport kellett alkalmazni, és nagyobb energiájú csapantyt. A 425 Mpa csúcshőnyomás a *lövedéket* 960 m/s torkolati sebességre gyorsította, így torkolati energiája 1,85 kJ-ra nőtt.⁴⁵ Emiatt a *lövedék* nemcsak állékonyságban, hanem a röppálya menti mozgásienergia-megtartásban is előrelépett. Célballisztikai vizsgálatokkal bizonyították, hogy a *lövedék* az emberi testben robbanásszerű jelenséget produkál, ahelyett, hogy átszaladna rajta. Csakhogy az M16A4 és az M4A1 *fegyver* nem bírta ki ezt a teljesítménynövekedést, már 6000 lövés után repedések, törések következtek be

⁴⁰ 5,56 × 45mm NATO [é. n.]: a *Performance* bekezdés táblázata.

⁴¹ SOPMOD [é. n.]. *Wikipedia*. A Block I kit 5 különféle optikai irányzékot, kétféle célmegjelölőt és fegyverlámpát, hangtompítót (csőszerezéssel), mellsőmarkolat-villalábat, M203 gránátvetőt (irányzékával) és különféle szintakaró egységeket tartalmaz.

⁴² Joseph P. AVERY (2012): Physics Demands a New Basic Combat Weapon. *Military Review*, 2012. július–augusztus, 8.

⁴³ AVERY 2012.

⁴⁴ John L. PLASTER (2014): Testing The Army's M855A1 Standard Ball Cartridge. *NRA American Rifleman*, 2014. május 21.

⁴⁵ PLASTER 2014; az adatok alapján $l/d = 4,43$, a torkolati fajlagos energiasűrűség $= 0,073 \text{ kJ/mm}^2$.

a zárszerkezetben, és kiegészések az ütőszegfuratban.⁴⁶ 2006-ban az USMC pályázatára (mások között) a Heckler & Koch német fegyvergyár merészen átszerkesztette Stoner fegyverszerkezetét. A Stoner-gázmotort állítható gázátömlő furatos, dugattyús, ütőrudas gázmotorra cserélték, a szabadon lengő fegyvercsövet megvastagították. A töltő-ürítő mechanizmust csillapító elemekkel egészítették ki, és a zárfejezérlést is átalakították. Az ütőszeg rugóval és ütőszeg-biztosítóval látták el.⁴⁷ Ez a *fegyver* (a HK 416 újragondolása) azt jelentette (számomra), hogy befejeződött a dolgozatomban eddig vizsgált *R_f* hatvanéves története, miután az USMC végül 2011-ben elkezdte M27 IAR (Infantry Assault Rifle) néven a *fegyvert* bevezetni, majd 2017-ben döntött az M16A4/M4A1 *fegyver* lecseréléséről.⁴⁸ Az M27 IAR *R_f* most már érezhető javulást hozott a *pontosság* és a *hatásosság*,⁴⁹ sőt még a *használhatóság* képességsomagjában is, kiemelten a *megbízhatóság* nőtt számottevően az 5,56 mm-es űrméretű *R_f* német újragondolásában. Közben bekövetkezett még egy töltényközjáték. Az egyes társadalmi szervezetek által túl durvának ítélt M855A1 töltény mellé bevezették az MK318 MOD 0 jelű töltényt.⁵⁰ A nyitott csúcsú (*open tip*), 4 g-os, 22,7 mm hosszú, réztestű, csak az orrában ólommal feltöltött, 891 m/s sebességű, 1,6 kJ torkolati energiájú *lövedékkel*,⁵¹ amelyik járműkarosszéria-lemezeken és üvegeken áthatol, de a szikárabb emberi szövetekben is durván gombásodik, gyakorlatilag a becsapódási energia szinte teljes mértékben *károsító energiává* konvertálódik, magas lesz a stophatás.⁵² Úgy látszott, minden rendeződött. Ám az itt – helyhiány miatt – részletezni nem kívánt német–amerikai ellentét hatására felső szintű politikai döntés született, az USMC válthat, de a szárazföldi haderőnem (US Army) marad M16A4/M4A1 *fegyvereinél*.

Az általam vizsgált 5,56 × 45 mm-es űrméretű *R_f*-részrendszer az elmúlt 60 évben leginkább a *használhatóság* (ezen belül is a megbízhatóság), majd a *hatásosság*, végül a *pontosság* képességében is érezhetően javult, de semmiképp sem kimagasló mértékben. Követhető volt, hogy ezt a javulást mindig a töltény (benne a *lövedék*) fejlesztésével kezdték, amit a *fegyver* fejlesztése követett, majd eljutottak arra a szintre, ahol a *fegyvert* már nem lehetett tovább fejleszteni, új szerkezetet kellett választani.

Ma pedig a 2022-ben a US Army által az M4-család leváltására rendszeresített SIG 6,8 × 51 mm űrméretű M5 AR a Vortex M157 NGFCS optikai és kommunikációs rendszerével már új világ hírnöke, mert mindhárom *R_f*-képesség tekintetében elképzelhetetlen mértékben előrelépett, de ez már önálló tanulmányt érdemel.

⁴⁶ The 855A1 (2017). *Small Arms*, 2017. december 11.

⁴⁷ HK416 A5 Rifle Calibre 5,56 mm x 45 Maintenance Manual (2014). Oberndorf: Heckler & Koch GmbH. 102. 1. Fig. 1a, 21. Fig. 21a.

⁴⁸ M27 Infantry Automatic Rifle [é. n.]. *Wikipedia*.

⁴⁹ A 420 mm-es csőből a *lövedék* 890 m/s kezdősebességgel és 1,6 kJ energiával indul.

⁵⁰ Steve JOHNSON (2010): USMC Adopt New 5.56mm MK318 MOD 0 Ammunition. *TFB Newsletter*, 2010. február 17.

⁵¹ JOHNSON 2010: MK318 szakasz. *USMC Adopts New Open-tip 'SOST' 5.56 Ammo*.

⁵² Kűballisztikai jellemzői az M855A1 *lövedék*hez képest alig változtak, csak az l/d csökkent 3,99-re.

Összefoglalás

Reményeim szerint sikerült bizonyítanom, hogy az általam felállított funkcióanalízis-eljárás működőképes és alkalmas technikai adatokkal és kísérletekkel alátámasztott bármely alapvető R-eszközrendszer elemzésére és abból lényeges tanulságok levonására, illetve azonos rendeltetésű eszközrendszerek összehasonlítására egyaránt.

Felhasznált irodalom

- 5.56×45mm NATO [é. n.]. *Wikipedia*. Online: https://en.wikipedia.org/wiki/5.56%C3%9745mm_NATO#mw-head
- AVERY, Joseph P. (2012): Physics Demands a New Basic Combat Weapon. *Military Review*, 2012. július–augusztus. Online: https://armyupress.army.mil/Portals/7/military-Review/Archives/English/MilitaryReview_20120831_art004.pdf
- FÖLDI Ferenc (2006a): Gondolatok a fegyver szerepéről a harcban. *Hadmérnök*, 1(1).
- FÖLDI Ferenc (2006b): Gondolatok a pontosságról. *Hadmérnök*, 1(1).
- FÖLDI Ferenc (2006c): Gondolatok a használhatóságról. *Hadmérnök*, 1(3).
- FÖLDI Ferenc (2006d): Gondolatok a hatásosságról. *Hadmérnök*, 1(3).
- FÖLDI Ferenc (2018): A lövészkatona, mint elemi eszközrendszer vizsgálata a harcban. A „lövészkatona” harcának eszközrendszere a műszaki fejlesztő szemszögéből. *Hadmérnök*, 13(3).
- GILLEM, Joshua (2023): 5.56 NATO Ballistics and Cartridge Guide. *Gunners Den*, 2023. február 2. Online: <https://gunnersden.com/556-nato-ballistics/>
- HK416 A5 Rifle Calibre 5,56 mm x 45 Maintenance Manual (2014). Oberndorf: Heckler & Koch GmBH.
- JOHNSON, Steve (2010): USMC Adopt New 5.56mm MK318 MOD 0 Ammunition. *TFB Newsletter*, 2010. február 17. Online: <https://thefirearmblog.com/blog/2010/02/17/usmc-adopt-new-5-56mm-mk318-mod-0-ammunition/>
- KEEGAN, John (2000): *A csata arca*. Ford. Kőrös László. Budapest: Aquila.
- Löfe/I. *A korszerűsített 7,62 mm-es AKM-63 géppisztoly leírása és karbantartási utasítása* (1964). [H. n.]: A Honvédelmi Minisztérium Kiadása.
- M16 Rifle [é. n.]. *Wikipedia*. Online: https://en.wikipedia.org/wiki/M16_rifle
- M27 Infantry Automatic Rifle [é. n.]. *Wikipedia*. Online: https://en.wikipedia.org/wiki/M27_Infantry_Automatic_Rifle
- MSZ K 1114-1: 1999. Testpáncélok.
- PLASTER, John L. (2014): Testing The Army's M855A1 Standard Ball Cartridge. *NRA American Rifleman*, 2014. május 21. Online: <https://americanrifleman.org/content/testing-the-army-s-m855a1-standard-ball-cartridge/>
- SOPMOD [é. n.]. *Wikipedia*. Online: <https://en.wikipedia.org/wiki/SOPMOD>
- The 855A1 (2017). *Small Arms*, 2017. december 11. Online: <https://smallarmssolutions.com/home/the-m855a1>