

Végyári Zsolt<sup>1</sup>

## SZEMÉLYI ÉS KISALEGYSÉG SZINTŰ VILLAMOS-ENERGIA-MENEDZSMENT MŰVELETI TERÜLETEN

PERSONAL AND SUBUNIT LEVEL ELECTRICAL ENERGY MANAGEMENT DURING MILITARY OPERATIONS

DOI: 10.30583/2019/1-2/073

### **Absztrakt:**

*Napjainkban a villamos energia nemcsak a civil társadalom és gazdaság egyik fő működtetője, hanem létfontosságú része a katonai műveletek biztosításának is. A legújabb hadfelszerelési fejlesztési irányoknak köszönhetően pedig a villamos energia már a harcmezőn is nélkülözhetetlenné vált. Egyre újabb elektromos működésű eszközök jelennek meg a katonák felszerelésében, és ezek energiaellátása már nem csupán egyszerű logisztikai problémát jelent. A villamosság harctéri szerepének felértékelődésével át kell gondolni az energiaellátás kérdését, és újszerű megoldásokat kell keresni. Az egyik lehetséges megoldás a katonák, illetve a kisebb alegységek felszerelésében található akkumulátorok teljes energiamennyiségével történő komplex gazdálkodás, azaz a villamosenergia-menedzsment.*

**Kulcsszavak:** villamosenergia-menedzsment, akkumulátorok, harctéri villamosenergia-ellátás

### **Abstract:**

*Nowadays, electrical energy is not only a major operator of civil society and economy but also an elemental part of military operations supply. Due to the latest military equipment development trends, electricity has become indispensable even on the battlefield. New electrically powered devices are emerging in the equipment of troops and their energy supply is no longer merely a simple logistical problem. Due to the appreciation of the battlefield role of electricity, it is necessary to think about energy supply and look for novel solutions. One of the possible*

---

<sup>1</sup> A HM Védelmi Technológiai Kutató Központ kiemelt főreferense, az NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusza. E-mail: [vegvari.zsolt@hm.gov.hu](mailto:vegvari.zsolt@hm.gov.hu) ORCID: 0000-0003-2543-6049

*solutions is the complex management of the total amount of energy of the rechargeable batteries in soldiers and smaller subunits kits, that is, the electricity management.*

**Keywords:** *electrical energy management, batteries, field electrical energy supply*

## BEVEZETÉS

Közhelyes tény, hogy modern világunk soha nem látott mértékben függ a villamosságtól. Az emberiség 2016-ban összesen mintegy 270 milliárd GJ-nak megfelelő energiahordozót<sup>2</sup> használt fel [1, 8. o.], és ennek az elsődleges mennyiségnek az egyharmada villamos formában került a végfelhasználás helyére [1, 46. o.]. A környezetvédelem jelen cikknek nem témája, de azt mégis fontosnak tartom megemlíteni, hogy a nukleáris energia jelenléte és a megújuló energiaforrások előretörése ellenére a villamos energia közel 90%-át még mindig fosszilis anyagok elégetésével állítjuk elő.

A villamos áram nélkül nem létezhetnek a modern hadseregek sem. Mára a hadművészet egyik általános igazsága, hogy nem feltétlen az győz, akinek több vagy jobb katonája van, hanem az, akinek több vagy megbízhatóbb információ áll a rendelkezésére. Az információs műveletek lényegében ugyanolyan fontossággal bírnak, mint a tényleges fegyveres harcot jelentő műveletek [2]. Márpedig az információ megszerzésére jelentős részben, a feldolgozására pedig szinte kizárólag elektromos áramot fogyasztó eszközök használatosak. A kommunikáció és a vezetés-irányítás is villamos eszközökön alapul. Ugyanakkor az is igaz, hogy az információs műveletek azért sokszor nem pótolhatják a hagyományos katonai műveleteket, a csapatok mozgását, a fegyveres összecsapásokat és a logisztikai ellátást. Vajon ezeken a területeken mekkora szerepe van a villamos energiának?

A haditechnikai kutatás-fejlesztés jelenlegi általános trendje, hogy a hagyományos fejlesztési irányok mellett - vagy olykor azok helyett is - kiegészítő berendezésekkel igyekeznek egy-egy haditechnikai eszköz,

---

<sup>2</sup> Energiahordozók vagy elsődleges energiák azok a természetben megtalálható energiaformák, amelyek átalakítás nélkül felhasználhatóak. Ilyenek a fosszilis energiahordozók, de a megújuló szél- és napenergia is. Az ún. másodlagos energiák a természetben nem, vagy csak nem kiaknázható módon vannak jelen. Ezeket emberi tevékenység hozza létre az elsődleges forrásokból szállítás, tárolás vagy végfelhasználás céljára. Legáltalánosabb fajtája a villamos energia.

fegyver vagy csapat képességeit bővíteni, harcértékét növelni. Ennek lehetséges okairól majd a következő fejezetben ejtek szót. Ez a vonal természetesen azt eredményezi, hogy a katonák és csapatok felszerelésének egyre nagyobb részét képezik olyan eszközök, amelyek a működésükhöz villamos energiát igényelnek.

KÜLÖNFÉLE TÜZELŐANYAGOK ÉS KÉMIAI ELVŰ VILLAMOS TÁROLÓK  
ENERGIASŰRŰSÉGE

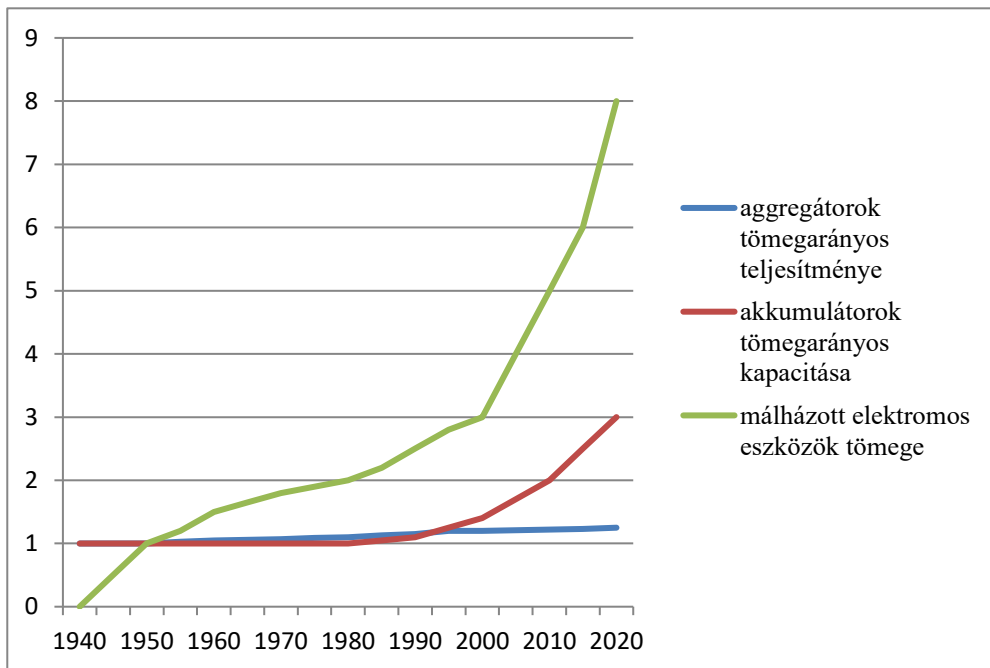
1. számú táblázat

	anyag/technológia	elméleti maximális energiasűrűség	
		térfogatarányos	tömegarányos
	alkálielemek	~100 Wh/l	~150 Wh/kg
Villamos akkumulátorok	ólom (Pb-PbO <sub>2</sub> )	~40 Wh/l	~25 Wh/kg
	nikkel-kadmium (NiCd)	~150 Wh/l	~100 Wh/kg
	nikkel-fémhidrid (NiMH)	~300 Wh/l	~150 Wh/kg
	lítium-ion (Li-ion)	~650 Wh/l	~250 Wh/kg
	lítium polimer (Li-polymer)	~700 Wh/l	~250 Wh/kg
	lítium ferfoszfát (Li-FePO <sub>4</sub> )	~200 Wh/l	~100 Wh/kg
	lítium-levegő <sup>3</sup>	~2 000 Wh/l	~1 700 Wh/kg
	lítium-kén <sup>4</sup>	~1 500 Wh/l	~1 000 Wh/kg
Fosszilis fűtőanyagok	fekete kőszén	~9 000 Wh/l	~6 500 Wh/kg
	cseppfolyós földgáz	~7 000 Wh/l	~12 000 Wh/kg
	benzin	~9 500 Wh/l	~12 000 Wh/kg
	gázolaj	~10 500 Wh/l	~13 500 Wh/kg
	urán 235-ös izotóp	~4,7x10 <sup>12</sup> Wh/l	~2,5x10 <sup>10</sup> Wh/kg

<sup>3-5</sup> Jelenleg még csak kísérleti eszközként léteznek. Bár az energiasűrűségük valós érték, csupán néhány töltési ciklust bírnak ki jelentősebb károsodás nélkül, így ezek a technológiák még nem alkalmasak a mindennapos használatra

A villamos energia iránti megnövekedett igény kielégítésére ugyanakkor lényegében ma is az a technológia használatos, amelyet fél évszázaddal ezelőtt is alkalmaztak. Bár a korszerű lítium-alapú akkumulátorok energiasűrűsége többszöröse<sup>5</sup> a hagyományos ólom-lemezes áramforrásokénak [3, 95. o.], sokszor már ez sem elégséges. A táborok működtetésére, illetve a taktikai eszközök akkumulátorainak helyszíni töltéseire szolgáló aggregátorok tekintetében pedig szinte alig történt előrelépés a múlt század ötvenes éveikhez képest.

Mindez együttesen azt eredményezi, hogy a dinamikusan növekvő villamos energia iránti igény kielégítésére a civil villamos infrastruktúrától távol, terepen jelenleg még csak „mennyiségi” válaszokat tudunk adni, azaz több akkumulátor, több aggregátor kerül alkalmazásra, és több gázolaj kerül elégetésre. Ez hosszabb távon nyilvánvalóan fenntarthatatlan logisztikai problémává fog válni, így mindenképpen új módszereket kell keresni a megoldásra.



1. számú ábra. A terepi villamosenergia-szükséglet és -ellátás összehasonlítása

<sup>5</sup> Az energiasűrűség azt fejezi ki, hogy mekkora energiamennyiség fér el egységnyi térfogatban vagy tömegben; a jellemzően használatos elektrokémiai tárolók értékeit az 1. sz. táblázat tartalmazza

A probléma súlyát jól mutatja az 1. sz. ábra. Az 1950-es bázisához viszonyítva (kb. ekkorra szorították ki a dízelek az egyszerűbb, de rosszabb hatásfokú benzines motorokat) az aggregátorok termikus hatásfoka (így a fajlagos fogyasztás) lényegében változatlan. Az akkumulátorok energiasűrűsége a nikkel, majd a lítium alapú eszközök bevezetése óta folyamatosan javul, de mértékében jócskán elmarad a rendszeresített eszközök igényétől.

A fenti ábra becsült értékek alapján tömegarányosan veti össze a tendenciákat, mivel a súly jelenti a legnagyobb logisztikai problémát, illetve ez korlátozza leginkább a málházható felszerelések mennyiségét is.

Némileg kedvezőbb lenne a kép, ha térfogatarányos összevetésben vizsgálnánk, hiszen e téren a korszerű akkumulátorok jobbak, illetve a motorok is némileg kompaktabbak lettek. Mindazonáltal a kedvezőtlen prognózis, vagyis, hogy a terepi villamos igények és a lehetséges ellátás közti olló folyamatosan nyílik, nem változna érdemben.

## **ÚJ HADITECHNIKAI FEJLESZTÉSI IRÁNYOK ÉS A VIL-LAMOS MŰKÖDÉSŰ ESZKÖZÖK TÉRNYERÉSE**

A műveleti területen, terepi körülmények között jelentkező növekvő energiaigényre vonatkozó jóslatom a jelenlegi tendencia folytatódására, illetve a várható technikai fejlesztési irányokra épül. Az tény, hogy mint az élet minden területén, a harcászatban is rendkívüli módon megszorodtak az elektronikus eszközök, de vajon ez mennyire szükségszerű, illetve várható-e a további penetráció?

Véleményem szerint az elektronikus eszközök terjedése elkerülhetetlen és szükségszerű, amelynek legfőbb oka, hogy a hagyományosnak tekintett hadfelszerelés-fejlesztési irányokban egyre inkább anyagtechnológiai korlátokba ütköznek a mérnökök. Ez másképp kifejezve azt jelenti, hogy az elmúlt években számos területen erősen megközelítették a ma ismert anyagok és technológia elméleti és gyakorlati határait. Ennek igazolását két szemléletes példán keresztül próbálom megtalálni. Az egyik példa a könnyű taktikai harcjárművéké, a másik a kézi lőfegyveré, de hasonló eredményre jutnánk, ha a hagyományos felszerelések között, pl. a ruházat, az élelmiszer-ellátás vagy a ballisztikai védelem területén vizsgálnánk.

## 1. számú esettanulmány: könnyű taktikai gépjármű

Mindenki által jól ismert, már-már jelképpé vált jármű az USA-ban kifejlesztett High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle,<sup>6</sup> azaz a „Humvee”. Az 1984-ben az USA hadrendjében rendszeresített gépjármű számos háborút végigszolgált, és sok helyen még jó darabig használatban lesz a jövőben is. A konstrukció a folyamatos korszerűsítések következtében a nevéből is adódó alapvető tervezési koncepcióknak tulajdonképpen még most is megfelelne, de 2005-ben mégis elkezdték az utódtípust keresni, amelynek oka az aknák és improvizált robbanóeszközök elleni nem kielégítő védelme volt.

Hosszas tesztelési időszakot követően 2011-ben az Oskoth cég konstrukciójára esett a választás. 2015-től kerültek leszállításra az első JLTV<sup>7</sup>-k, és várhatóan 2019-től szerelik fel vele tömegesen a csapatokat. A JLTV alapvető újdonsága, hogy az utastértől teljesen elszeparálták a futóművet. Egy esetleges robbanás energiáját az ék alakban kiképzett haspáncélzat a futómű felé tereli, annak roncsolódása és leszakadása ezt az energiát így lényegében elvezeti, elnyeli [4].

De ezen kívül büszkélkedhet-e lényeges újításokkal az utód?

Ha a két járművet összevetjük, azt találjuk, hogy a klasszikus harcászati-technikai adatok tekintetében – az aknák elleni védettségtől eltekintve – nincs lényeges változás. A járművek ballisztikai védettségi kategóriája azonos, a JLTV kizárólag az alulról érkező robbanások ellen véd jobban. Ennek köszönhetően viszont a tömege másfélszerese a Humvee-nek, és kedvezőtlen módon a súlypontja is magasabbra került.

Annak érdekében, hogy a mozgékony ne romoljon, egy hasonló lökettérfogatú, de turbófeltöltővel megerősített motort szereltek bele, bár ennek fogyasztása is számottevően magasabb.

A szállítható személyek száma és a hasznos terhelés lényegében azonos, ahogy a végsebesség és a hatótáv is. A JLTV a felépítéséből adódóan pl. kicsivel jobb gázlóképesseggel rendelkezik, de a magasabb súlypont miatt könnyebben borul, így terepjáró képességük is hasonlóan mondható [4].

---

<sup>6</sup> Nagy mozgékony többcélú kerekes jármű

<sup>7</sup> Joint Light Tactical Vehicle – összhaderőnemi könnyű taktikai jármű

## A HMMWV ÉS A JLTV FŐBB TECHNIKAI ADATAI

## 2. számú táblázat

	HMMWV	JLTV
használatba vétel éve:	1984	2015
motor:	6500 cm <sup>3</sup> szívódízel	6600 cm <sup>3</sup> turbódízel
teljesítmény:	190 LE	300 LE
üres tömeg:	4200 kg	6400 kg
fajlagos teljesítmény:	22 LE/tonna	21 LE/tonna
hatótáv:	480 km	480 km
végsebesség:	113 km/óra	110 km/óra

Nyilvánvaló, hogy a szolgálatot teljesítő katonák testi épségének védelme sok mindent megér, de joggal várhatnánk, hogy egy 30 évvel fiatalabb eszköz más területen is többet nyújtson. Valóban nyújt is, de nem a hagyományos menetteljesítmények területén. A taktikai gépjárművek mozgékonyágát a motorteljesítmény és a tömeg, átvitlen a motorok termodinamikai hatásfoka, illetve a páncélzat relatív (vagyis azonos védetségét biztosító) tömege határozza meg. Ezeken a területeken bár a fejlődés folyamatos, semmiképp sem gyors, jelentős átörés pedig nem is várható. Feltételezve, hogy az elmúlt 30 évben a felszerelhető fegyverek ballisztikai tulajdonságai sem változtak jelentősen (a következő példa is bizonyítja majd ezt), a kérdés az, hogyan lehet egy nagyjából determinált menetdinamikai tulajdonságú gépjármű harcértékét növelni?

Amennyiben felsoroljuk a két típus első generációjának elektromos berendezéseit, a kérdés tulajdonképpen megválaszolásra is kerül. A Humvee fedélzeti villamos rendszerének alapesetben csupán egy analóg taktikai rádiót kellett táplálnia. Ezzel szemben a JLTV első hadrendbe kerülő változatán sokkal impozánsabb a felszerelt elektronikus/elektromos eszközök listája: járműelektronika, digitális taktikai rádió, belső kommunikáció, taktikai számítógép lövésdetektáló rendszerrel, továbbfejlesztett helymeghatározó rendszer, nagyteljesítményű IED zavaróeszköz, fegyver-távvezérlés, radar és több éjjellátó készülék. Szintén alapfelszerelés a légkondicionáló és a villamos mozgatású

torony, amelyek nem kényelmi berendezések, ugyanis a személyzet ergonomikus elhelyezése bizonyítottan javítja a koncentrációképességet [5]. A járművek felszerelhetőek APS<sup>8</sup>-szel is, bár ezzel kapcsolatban még nincs végleges döntés [6].

A Magyar Honvédségnél hasonló funkciójú könnyű gépjármű kizárólag a missziókban lett csekély számban rendszeresítve. A tömegesen alkalmazott technikai eszközök közül a kategóriához a BTR-80 típusú lövéspáncélos áll a legközelebb. A szovjet gyártmányú páncélos tervezési elveit tekintve is elavult, illetve számos típushibával (pl. rendkívül gyenge motor, 19 LE/tonna fajlagos teljesítmény) küzd. Amíg a típus nem kerül kiváltásra, ezeket kell az MH-nak korszerűsítésekkel hadrendben tartani. A típus példányai többféle korszerűsítési csomagot kaphattak. A technikai részletek nem publikusak, de annyi tudható, hogy a missziós szerepvállalásra került példányok számos, a JLTV-nél az alapfelszereltség részét képező elektronikus eszközt kaptak meg utólagosan, amely következtében a fedélzeti villamos rendszert további akkumulátorokkal kellett megerősíteni.<sup>9</sup>

## 2. számú esettanulmány: kézi lőfegyver

Jelenleg az USA hadseregében az általános kézi lőfegyver az M4A1 típusú, gáz-visszavezetéses forgózárú automata karabély, NATO terminológia szerint rohampuska (assault rifle). A fegyver közvetlen elődje a vietnami hadszíntér ikonja, az M16A1 gépkarabély<sup>10</sup> volt. Ha tüzetesebben megvizsgáljuk őket, akkor kiderül, hogy az M4A1 az M16-os modifikációja csupán. A két fegyver működési elve, felépítése lényegében ugyanaz, azonos lőszerrel tüzelnek, hasonló ballisztikai tulajdonságokkal bírnak. Az M4A1 tulajdonképpen egy rövid csövű, korszerűsített M16-os. A rövidebb cső javítja a fegyver használhatóságát utcai harcok esetén, bár általa csökken a lövedék torkolati energiája. A merev fatusát egy energiaelnyelő műanyag tusára cserélték, és több helyen végeztek kisebb ergonomiai átalakításokat, valamint némileg csökkentették a fegyver tömegét is [7].

---

<sup>8</sup> Active Protection System – aktív védelmi rendszer. Egy mikrohullámú radar detektálja a jármű felé közeledő lövedéket, és ellencsapással megsemmisíti azt még a becsapódás előtt.

<sup>9</sup> Az átalakítással nőtt a tömeg és csökkent a mozgékonyosság. Az utólagosan beépített klíma önmagában 15%-kal rontotta a motor teljesítményét, ami már komolyan veszélyeztette az eszköz bevetettségét.

<sup>10</sup> Jelen esetben a magyar terminológiát tartom pontosabbnak, ezért a gépkarabély kifejezést használom



A VILÁG LEGGYAKORIBB HADI CÉLÚ KÉZI LŐFEGYVEREINEK ÖSSZEHASONLÍTÓ  
TÁBLÁZATA

## 3. számú táblázat

	<b>M16A1</b>	<b>M4A1</b>	<b>AK-47</b>
használatba vétel éve:	1960	1997	1949
lőszer:	5,56 x 45 mm		7,62 x 39 mm
működési elv:	gázelveteles, automata		
reteszelés:	forgózárás		
tömeg:	2,97 kg	2,68 kg	3,6 kg
elméleti lögyorsaság:	800 lövés/perc		600 lövés/perc
lövedék kezdősebessége:	935 m/s	884 m/s	715 m/s

Itt is felmerül a kérdés, hogy a fenti átalakítások mellett javult-e a fegyver harcértéke. Önmagában a ballisztikai tulajdonságai nemhogy javultak az új típusnak, de a rövidebb cső következtében még romlottak is [7]. Jelenleg nem tudunk adott tömeg mellett lényegesen nagyobb nyomást elviselő fegyvercsövet készíteni, így a kémiai indítású lövedékkel tüzelő kézfegyverekből sokkal többet nem lehet kihozni. Az M4A1 egyik legfőbb erénye is az, hogy több ponton is ellátták ún. Picatinny-sínnel. Ez a NATO szabványos kézfegyver tartozék-rögzítési rendszere, amely lehetővé teszi, hogy fegyverlámpát, lézeres irányzékot, fegyvertávcsövet, ún. vöröspontos vagy 3D-s taktikai irányzékot, aktív vagy passzív éjjellátót vagy akár éjszakai irányzékot rögzítsenek rá. A fenti eszközök nagyban javítják a fegyver pontosságát, kiterjesztik alkalmazhatóságát, és többnyire elektromos árammal működnek.

Természetesen a Magyar Honvédség is korszerűsített néhány százat a rendszerített gépkarabélyaiból. A nagy tömegben rendelkezésre álló AK-63 lényegében az AK-47 magyar gyártású klónja a Varsói Szerződés idejéből. Ennek korszerűsített változata lett az AK-63AM, amely nem változott a ballisztikai tulajdonságait tekintve. A korszerűsítés a fegyver mechanikáját egyáltalán nem érintette, az tökéletesen megegyezik az 1947-es eredetivel. Korszerűbb kompenzátort,

összecsukható villaállványt és energiaelnyelő műanyag válltámaszt kapott, valamint az ergonómiai modifikációkon túl több ponton is Picatinny-sínt szereltek fel rá [8].

A villamos eszközök térnyerése a gyalogos katona, illetve a lövész al-egységek szintjén

Ahogy arra a fenti esettanulmányok is rávilágítanak, nem mindig célravezető a hagyományosnak tekintett eljárások mentén kifejleszteni az újabb haditechnikai eszközöket, mivel azok számos esetben már fessegetik a technológia határait. Nem éri meg dollármilliárdokat áldozni egy olyan eszköz fejlesztésére, amely néhány paraméterét tekintve 1-2%-kal jobb, mint az elődje, mivel ez nem fogja számottevően javítani a használó eszközök vagy katonák harcértékét. Az elektronika az olcsósága és univerzalitása által viszont olyan eszközöket kínál, amelyek önállóan használva vagy komplex fegyverrendszerek részeként is teljesen új képességekkel ruházzák fel az alkalmazóikat.

A fejlődés üteme országonként, haderő- és fegyvernemenként eltérő, de amíg a második világháborút követően egy katonát egy zseb-lámpával és egy csomag tartalékelemmel már harcba lehetett küldeni, addig a 80-as évekre már minden katonának volt taktikai rádiója (legalább vevő). A múlt század 90-es éveitől kezdtek tömegesen elterjedni az előző alfejezetben említett fegyverkiegészítők, a taktikai sisaklám-pák, a lézeres célmegjelölők, a taktikai rádió mellett a tartalék, pl. műholdas rádiók. Általánossá vált a GPS és az éjjellátó használata, az ezredforduló óta a taktikai számítógépeké, illetve az RCIED<sup>11</sup>-ek elleni zavaróberendezés. Napjaink egyik slágertémája a szélessávú, akár valósidejű videoátvitelt is lehetővé tevő integrált vezetés-irányítási rendszer, és rendszeresítés előtt állnak a multispektrális taktikai felde-rítőeszközök, a valósidejű, adott esetben a személyi informatikai háló-zatra kapcsolódó orvos-diagnosztikai eszközök [3, 90–91. o.], a taktikai mini-drónok és az UGV<sup>12</sup>-k. Már az exo-skeletonok<sup>13</sup> és az energia-fegyverek<sup>14</sup> sem tartoznak a fantasztikum világába, az első prototípu-sokat már javában tesztelik [9].

---

<sup>11</sup> Radio-Controlled Improvised Explosive Device – rádió-távvezérlésű rögtönzött robbanóeszköz

<sup>12</sup> Unmanned Ground Vehicle – vezető nélküli földi jármű

<sup>13</sup> külső csontváz, amely a kezelője mozgását elektromotorokkal segíti, így emberfeletti erőt kölcsönözve neki

<sup>14</sup> ha nem is a filmekből ismert lézerefegyver, de pl. elektromágneses fegyver a drónok ellen

A fenti eszközök hasznosságát kevesen vitatják, de az is nyilvánvaló, hogy használatuk jelentős mennyiségű villamos energiát kíván. Kérdés, hogy a jelenlegi módon képesek leszünk-e az ellátásukra, és ha igen, meddig. A korszerű haderők gyalogos katonáival szemben általános elvárás, hogy utánpótlás nélkül, autonóm módon legyenek képesek ténykedni három napig. Ez azt jelenti, hogy a katonának magával kell vinnie az erre az időre szükséges ruházatot, élelmet, vizet vagy víztisztítót, lőszert stb. és természetesen a szükséges akkumulátorokat is. Országonként, alakulatonként és küldetésenként is eltérő a málna összetétele, de a tömege legalább 40-50 kg, amelyből már jelenleg is 6-8 kg, extrém esetben akár 15 kg (!) is lehet az akkumulátorok tömege [10].

## **A TEREPI VILLAMOSENERGIA-ELLÁTÁS JAVÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI**

Ha pusztán elméleti síkon vizsgálódunk, akkor számos mód kínálkozik a terepi villamosság biztosítására. Ezeket kívánom sorra venni és egyenként eldönteni, hogy a jelenlegi technológiai szinten, illetve egy tárca-szintű projekt keretében lehet-e az elméleti lehetőséget a gyakorlatban is kamatoztatni.

### **Az akkumulátorok energiasűrűségének növelése**

Tulajdonképpen ez lenne a legkézenfekvőbb megoldás. Amennyiben sikerülne az akkumulátorokban egységnyi tömeg mellett számottevően nagyobb energiát tárolni, az megoldaná vagy legalábbis kezelhetőbbé tenné a villamos energia jövőbeni biztosítását a katonai műveleti területeken. Ha 1-2 kg-nyi akkumulátor képes lenne kiszolgálni egy három napos küldetést, elég lenne azokat a táborban cserélni és/vagy újratölteni, és egy viszonylag egyszerű logisztikai feladattá egyszerűsödne a most még fenyegető probléma.

Az akkumulátorok energiasűrűségének növelése a mai technika egyik kulcsfontosságú kérdésévé vált, na persze nem a hadseregek igényei, hanem elsősorban a mobil eszközök és a villamos hajtású gépkocsik miatt. Ennek megfelelően a világ vezető tech cégei és kutatóintézetei olyan elképesztő összegeket fordítanak a jövő akkumulátor-technológiáját megalapozó anyagtechnikai kutatásokba, amelyeket még a magyarnál jóval tehetősebb védelmi tárcák sem képesek finanszírozni. A fejlődés tulajdonképpen folyamatos, ám üteme elmarad a

kívánatostól. Az új és bízató elektrokémiai energia-tárolási eljárások csak hosszú és költséges kutatómunka után válnak piacképes terméké – vagy sosem [3, 88. o.]. Tehát ez nem az a terület, ahol a szűkös védelmi technológiai K+F büdzsét eredményesen tudná felhasználni a honvédelmi tárca.

### Az akkumulátorok szabványosítása

Kevésbé hatékony, de mindenképpen eredményes újítás lenne, ha a számos katonai felhasználású akkumulátort néhány, méret és teljesítmény szerint meghatározott típusra sikerülne szűkíteni. Ez önmagában megvalósíthatna egyfajta energia-menedzsmentet is. Ha néhány eszköz áramforrása csereszabatos lenne egymással, az nyilvánvalóan csökkentené a málházott akkumulátorok mennyiségét, és a logisztikának is kevesebb töltőberendezést kellene biztosítani a tábori elhelyezés során.

Sajnálatos módon e pontban a világ vezető gyártói nem érdekeltek. A legjelentősebb hadiipari gyártók piacvédelmi okokból kínosan ügyelnek arra, hogy a termékeik csak annyiban legyenek kompatibilisek más gyártókkal, amennyire azt egy szabvány megköveteli. Ezért ameddig nem történik meg a taktikai akkumulátorok átfogó szabványosítása, addig a hadseregek kénytelenek az adott eszköz gyártójától megrendelni az akkumulátort is, vagy ha erre egyáltalán módot adnak pl. a garanciális feltételek, szintén nem olcsó harmadik féltől származó kompatibilis akkumulátort használni. Ez az a terület, ahol még a nálunk jóval komolyabb piaci pozíciókkal rendelkező amerikai hadsereg sem ért el említésre méltó eredményt.

### A taktikai eszközök fogyasztásának csökkentése

Az eszközök fogyasztásának mérséklése is egy magától értetődő módszer, de itt a technológia nem biztosít túl nagy lehetőségeket. A kommunikációs és informatikai eszközökben alkalmazott félvezetők fogyasztását nem igazán lehet mérsékelni. Illetve pl. a processzorok esetében az ún. csíkszélesség csökkentésével lehet csökkenteni a hődisszipáció okozta veszteségeket, de az így jelentkező energia-megtakarítást a folyamatosan növekvő számítási igények szinte azonnal „felszívják”.

A kisugárással működő kommunikációs és felderítő eszközöknél csak a kisugárzás mérséklésével lehetne érdemben csökkenteni a fogyasztást, de ez adott technikai szinten csökkentené az eszköz

hatótávolságát is, pedig azt jobbra növelni szeretnénk. Tulajdonképpen egyedül a világítástechnika területén van jelenleg olyan korszerű új technológia, amely kisebb energiafelvétel mellett is tökéletesen képes kiváltani a korábbi eszközöket, ez pedig a LED<sup>15</sup>. A LED-es fényforrások a hagyományos izzók fogyasztásának 10-20%-a mellett is ugyanazt a fényerőt produkálják, mindemellett még az élettartamuk is nagyobb, illetve jobban bírják a mechanikai igénybevételt is [11, 200. o.]. Ám a világítás mára már csupán a terepi villamos energia-felhasználás egy elhanyagolható részéért felelős, illetve a hadseregek többsége már javarészt egyébként is lecserélte a hagyományos izzós világító berendezéseit.

### Helyszíni villamosenergia-termelés

Ez a módszer megint csak nem kíván bővebb magyarázatot. Ha a katonák műveletek közben is tudnák valamilyen módon tölteni az akkumulátorokat, akkor elég lenne azokból egy-egy tartalék, illetve, ha a megfelelő mennyiségű termelési potenciál folyamatosan a rendelkezésre állna, akár el is lehetne hagyni azokat.

A villamos energia többek között azért is futhatott be ekkora karriert, mert szinte bármilyen más energiából előállítható. Léteznek direkt félvezetős megoldások, amelyek a beeső fényből,<sup>16</sup> mechanikus nyomásból<sup>17</sup> vagy hőmérséklet-különbségből<sup>18</sup> hoznak létre töltéseket, ám ezek hatásfoka általában csupán 1-2%. Igazán hatékony módon csak a villamos forgógépek, azokon belül is a generátorok képesek a villamososság előállítására. Ezek a forgómozgás energiájának több, mint 90%-át alakítják villamos energiává, így még a meghajtásukra többnyire használt hőerőgépek 25-35%-os hatásfoka is megbocsátható [12].

A katonai rádiózás hőskorában gyakran használtak egy magyarul talán csak „pedál-generátornak” nevezhető eszközt. Itt egy katona egy összecsukható kerékpárszerű szerkezetet tekerve fejlesztette a rádióhoz szükséges villamosságot. Ezt a technikát aztán a növekvő teljesítmény-igények hamar elavulttá tették, illetve harctérre eleve nem is volt túl praktikus. A hagyományos erőművi megoldások méreteikből,

---

<sup>15</sup> Light Emitting Diode – fényemittáló dióda. Félvezető-alapú szilárdtest fényforrás, ahol a fény nem hőmérsékleti hatás melléktermékeként jelentkezik, mint a hagyományos izzóknál vagy gázkisüléses eszközöknél

<sup>16</sup> Fotovillamos vagy angolosan fotovoltikus, azaz PV (photovoltaic) elemek

<sup>17</sup> Hall-elem

<sup>18</sup> Peltier-elem

infrastrukturájukból adódóan nem kellően mobilak, így egyedüli megoldás a kisméretű generátor lehetne. Egy amerikai cég forgalmaz is egy hordozható 1 kW-os katonai kivitelű generátort, ennek tömege viszont a szükséges üzemanyaggal együtt már jócskán meghaladja az akkumulátorokét, azt nem is említve, hogy a berregő motor mellett viszonylag nehéz egy kis alegységnek beolvadni a környezetébe. Az elektromobilitás terén sokan jósolnak nagy jövőt az üzemanyagcellának, de a terepi villamosság előállítására most még ezek sem alkalmasak, mivel a cella és a hozzá tartozó méretes hidrogén-tartály semmivel sem kisebb vagy könnyebb az aggregátor-benzin kombinációnál.

A ma ismert megoldások közül csak a fotovillamosság, vagyis a napelemes technika az, amely kellően kicsi és könnyű, így elég mobilis a hadszíntéren történő alkalmazáshoz. Mivel megújuló forrást aknáz ki, nem szükséges hozzá üzemanyag-ellátás kiépítése sem. Sajnos nem megbízható, vagyis nem lehet önmagában erre építeni az ellátást. Éjszaka biztosan nem süt a nap, mint ahogy nem elég intenzív az energiatermeléshez a napsugárzás felhős, ködös, esős időben sem, illetve épületek, fák takarásában. A merev, nehezebb struktúrájú szilícium elemek hatásfoka meghaladja a 20%-ot, de léteznek textilre felvihető vékonyfilm-technológiájú napelemek is, ezek súlya elhanyagolható, de a hatásfokuk csak 10% körül alakul [13, 49-50. o.].

### Villamosenergia-menedzsment eszköz

Utolsó lehetséges megoldás egy olyan eszköz alkalmazása, amely részben megteremti a kompatibilitást az eltérő típusú akkumulátorok között. Azok továbbra sem lesznek másik eszközökben használhatóak, de az energia áttölthetővé válik egyikből a másikba. Egyfajta értelmezésben ez az eszköz egy akkumulátortöltő, ahol az áramforrás nem (vagy nem csak) a villamos hálózat, hanem egy másik akkumulátor is lehet [3, 98. o.].

Az eszköz használhatósága a statisztikán alapszik. Az gyakorlatilag kizárt, hogy a katonák egy küldetés során valamennyi elektromos eszközüket teljesen lemerítsék. Sokkal valószínűbb, hogy lemerül pl. a taktikai rádió (és a tartalékkumulátor is), de az éjjellátó készüléket be sem kellett kapcsolni. Lehet, hogy a gyakori használat miatt az RCIED-zavaró már használhatatlan, de a taktikai drón bevetésére még nem volt szükség, így annak akkumulátora érintetlen.

## **EGY KONKRÉT, HAZAI GYÁRTÁSÚ ESZKÖZ [14]**

### **Az eszköz koncepciója**

Az előző fejezet alapján belátható, hogy az eszköz alapja egy olyan feszültség-átalakító és áramkorlátozó áramkör, amely képes az akkumulátoroknak megfelelő töltési feszültségeket és áramokat beállítani. Fontos, hogy mivel katonai műveletek során is tervezett a használata, legyen minél egyszerűbb a kezelése. A különféle akkumulátorok töltési karakterisztikája vonatkozásában ez annyit tesz, hogy az eszköznek fel kell ismernie mind a forrást, mind a töltendő akkumulátort. Erre alkalmas akkumulátor esetén az azonosítás legyen elektronikus, egyéb esetben a csatlakozókábel határozza meg a típust.

Az eszköznek alkalmasnak kell lennie minden, jelenleg a Magyar Honvédségnél rendszeresített akkumulátor fogadására akár forrás, akár töltendő szerepkörben, és alkalmasnak kell lennie bármilyen, a későbbiekben beszerzett akkumulátor utólagos illesztésére is. Ennek megvalósításához mindenképpen egy mikrokontroller vagy kis processzor szükséges a megfelelő mennyiségű memóriával. A készülék szoftverének frissítésére USB-n keresztül csatlakozó Windows PC és Android operációs rendszerhez kell elkészíteni a segédprogramot.

Amennyiben megvan a megfelelő feszültség-átalakító, adja magát az ötlet, hogy egészítsük ki a berendezést egy terepen is használható napelemes egységgel is, illetve lehessen az akkumulátorokat tölteni lényegében bármilyen ad-hoc törpe egyenfeszültségről (pl. külső napeleletről vagy akár szárazelemekről), gépjárművek villamos rendszeréről, illetve adapterrel bármilyen 110-240 V-os 50 vagy 60 Hz-es változó hálózati feszültségről.

Az eszköz a rácsatlakozott akkumulátoron kívül legyen képes terepi körülmények között tölteni egy USB 3.0 szabványú eszközt is, valamint települt helyzetben a töltendő akkumulátor helyére csatlakoztatott elosztóval további 5 db USB 3.0-ás eszközt.

### **Az eszköz tervezett részei**

#### ***Központi egység***

- Feszültség-átalakító és vezérlőblokk,
- Megfelelő szilárdságú ház a csatlakozókkal, hordtáska (kontinentális és/vagy sivatagi mintázatú),

### ***Hálózati tápegység***

- AC/DC adapter hálózati kábellel,
- Univerzális konnektorfej egyenáramú kábellel,

### ***Napelemes egység***

- Napelemek (2-6 db), összesen kb. 0,5-1,5 m<sup>2</sup> felülettel,
- Támasztópálcák a fix telepítéshez, tépőzárak a ruházatra, sátorra való rögzítéshez és karabinerek,

### ***Kiegészítő elemek***

- Szivargyújtó-kábel, töltőkábelek,
- A töltőkimenetre illeszkedő USB töltőelosztó,
- Dokumentáció,
- Hordtáska.

## **A tervezett működési módok**

### ***Akkumulátor töltése menet közben***

A forrásakkumulátor és a töltendő akkumulátor a központi egységgel együtt az övre vagy a ruházat más pontjára erősített hordtáskában helyezkedik el. A töltés a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájának megfelelően addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget vagy a forrásakkumulátor le nem merül.

### ***Akkumulátor töltése pihenőben***

A forrásakkumulátor és a töltendő akkumulátor a központi egységgel együtt a hordtáskában, a ruházatról leválasztva helyezkedik el, a napelem biztonságos helyen, a földön van kiterítve, és kábellel csatlakozik a központi egységhez. A töltőáramot a napelem szolgáltatja, de amikor annak nagysága a névleges érték 10%-a alá esik, a központi egység átkapcsol a forrásakkumulátorra. A töltés a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájának megfelelően addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget vagy a forrásakkumulátor le nem merül, és a napelem sem szolgáltat áramot.

### ***Akkumulátor töltése tábori körülmények között***

A napelemek a merevítőkkal és a rögzítőelemekkel sátor vagy konténer tetején, esetleg (biztonságos helyen) a földön helyezkednek el, és össze vannak kötve egymással, illetve a központi egységgel. A hálózati tápegység biztonságos helyen van, és a megfelelő konnektorral



csatlakozik a váltakozó áramú hálózathoz. A töltőáramot a napelemek szolgáltatják, de amikor annak nagysága a névleges érték 10%-a alá esik, a hálózati töltő átkapcsol a hálózatra. A töltés a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájának megfelelően addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget.

### ***Akkumulátor töltése elhelyezési körletben***

A töltendő akkumulátor a központi egységgel együtt biztonságos helyen van, és a megfelelő konnektorfejjel csatlakozik a váltakozó áramú hálózathoz. A töltés a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájának megfelelően addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget.

### ***Akkumulátor töltése gépjárműfedélzeten***

A központi egység a gépjármű fedélzeti villamos rendszerére csatlakozik. A töltés a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájának megfelelően addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget.

### ***Akkumulátor töltése tetszőleges egyenáramú forrásról***

A központi egység a krokodilcsipeszes kábellel csatlakozik az egyenáramú forráshoz. A töltés a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájának megfelelően addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget vagy a forrás le nem merül.

### ***Akkumulátor sürgőtöltése menet közben***

A forrásakkumulátor és a töltendő akkumulátor a központi egységgel együtt az övre vagy a ruházat más pontjára erősített hordtáskában helyezkedik el. A töltés **a töltendő akkumulátor töltési karakterisztikájától függetlenül maximális töltőárammal** addig folyik, míg az el nem éri a teljes töltöttséget vagy a forrásakkumulátor le nem merül.

### ***Akkumulátor ad-hoc sürgőtöltése***

Amennyiben egy akkumulátor sürgőtöltése indokolt, bármilyen forráskonfiguráció (pl. két forrásakkumulátor) összeállítható azzal a megkötéssel, hogy az egyik aljzatra csatlakozó forrás prioritást élvez a másikkal szemben (pl. napelem – külső akkumulátor).

### ***Mobileszközök terepi töltése***

A készülék szabványos USB 3.0-ás aljzatán keresztül legyen képes egy darab bármilyen mobileszközt (telefon, tablett, GPS-t stb.) feszültséggel ellátni, illetve tölteni önálló üzemmódként vagy bármelyik, nem szükségeltöltési üzemmódjával párhuzamosan, de csak akkor, ha az elsődleges áramforrás ezt lehetővé teszi. Amennyiben az elsődleges áramforrás nem biztosít elégséges töltőáramot, akkor a taktikai akkumulátor élvez elsőbbséget, és az USB aljzaton nem történik töltés.

### ***Mobileszközök töltése elhelyezési körletben***

Elhelyezési körletben, amennyiben a taktikai akkumulátorok töltése saját készletükből megoldott, a központi egység lehetővé teszi a katonák személyes tulajdonú mobileszközeinek csoportos töltését. Ehhez önálló üzemben, a kimenő aljzatra kötött USB töltőelosztó összesen 5 db USB 3.0 szabványú eszközt képes a hálózatról tölteni.

### **Az eszközzel szemben támasztott egyéb műszaki követelmények**

#### ***Működési hőmérséklet-tartomány***

Az eszköz legyen működőképes 0°C és +50°C között. A tárolási és szállítási hőmérséklet -25°C és +50°C között kerül meghatározásra. Az eszköz legyen működőképes 98%-os relatív páratartalom és +40°C hőmérséklet mellett is. Az eszköz legyen működőképes 69 kPa légköri nyomás (2500 méter tengerszint feletti magasság) mellett.

#### ***Ejtési szilárdság, dőlés és szállíthatóság***

A központi egység és a napelemek maradjanak működőképesek tetszőleges 1500 mm magasságból, betonlapra való három ejtés igénybevételt követően is. A hálózati töltő maradjon működőképes 500 mm magasságból, betonlapra való három ejtés igénybevételt követően is. Az eszköz maradjon működőképes bármilyen irányban elhelyezve. Az eszköz maradjon működőképes tetszőleges ideig tehergépkocsi platóján, rögzítés nélkül, csomagolt állapotban burkolt, burkolatlan úton és „speciális moszkvai”, illetve „belga” úttal közösen kiváltott 50 km-es útszakaszon, 35-40 km/h-s sebességgel végrehajtott szállítási igénybevételt követően.

### **Csapadék- és porállóság**

Az eszköz tetszőleges ideig maradjon üzemképes az MSZ EN 60529 szerinti IP 657 védetségű fokozatnak megfelelő vizsgálat mellett, mely követelménynek teljesülnie kell a hordállapotban rögzített és Y-kábellel csatlakoztatott akkumulátorokra is. A napelemes egység esetében előírás az MSZ EN 60529 szerinti IP 677 védetségű fokozatnak történő megfelelés.

### **Egyéb**

Az eszköz külső felületei legyenek ellenállóak a Magyar Honvédségben rendszeresített mentesítő anyagokkal szemben. Az eszköz feleljen meg a MIL-STD-461E szabványnak.

### **Méreték és tömeg**

A központi egység tömege maximum 2 kg, a hordtáskával együtt maximum 2,5 kg lehet, de figyelembe véve a tervezett alkalmazási módot, a tömeg minél nagyobb mértékű minimalizálása szükséges. A hálózati tápegység tömege maximum 2,5 kg lehet. A napelemek saját tömege maximum 2 kg lehet, a hordtáskával és rögzítőelemekkel maximum 2,5 kg. A teljes készlet, valamennyi tartozékával, dokumentációval, a teljes készlet elhelyezését szállítási vagy tárolási helyzetben biztosító tárolódobozzal együtt maximum 14 kg lehet.

A központi egység téglalap alakú legyen maximum 5 cm vastagsággal, amihez a hűtőbordák még legfeljebb 3 cm-t adhatnak. A központi egység a hálózati töltőhöz csatlakoztatva sínes vagy kapcsos rögzítéssel képezzen egyetlen, a véletlen szétválasztás ellen biztosított téglalap alakú egységet.

### **Kezelőszervek, csatlakozók**

A központi egységen a kezelőszervek elhelyezkedése, pozíciója olyan legyen, amely kizárja a véletlen üzemmódváltást. A kijelző erős közvetlen napsütés esetén is maradjon látható, és legyen kikapcsolható. A központi egység be- és kimeneti csatlakozói katonai kivitelűek legyenek, csatlakoztatott állapotban véletlen kioldástól védettnek kell lenniük. Valamennyi csatlakozó rendelkezzen elveszítetlennel zárókupakkal.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Természetesen egy újfajta képesség kialakítása nem csak kutatás-fejlesztési tevékenység nyomán jöhet létre, hanem az gyakorta megoldható egyszerű beszerzéssel is. Az önálló fejlesztés az esetek többségében akkor indokolt, ha az adott képességhez szükséges eszközök valamilyen okból nem beszerezhetőek a piacon, illetve beszerzésük nem gazdaságos, vagy ha a saját fejlesztés biztonsági, gazdasági vagy egyéb okokból mindenképpen előnyt élvez.

A fenti kérdések megválaszolására egyfajta piackutatást szükséges elvégezni. Jelen eszköz esetében ez viszonylag gyorsan megvalósítható volt. Európa, Oroszország vagy akár Kína vonatkozásában nincs információ hasonló berendezés alkalmazásáról vagy fejlesztéséről. Az Egyesült Államokban viszont két cég is kialakított már ilyen jellegű eszközt. Ezek közös jellemzői, hogy a képességeikhez képest indokolatlanul drágák, és ráadásul csak bizonyos, az USA-ban (is) használt akkumulátorokhoz alkalmazhatóak, utólag nem bővíthetőek. Bár az eszközöket több haderő is kipróbálta, sehol sem kerültek rendszeresítésre, így nincs referenciájuk sem.

A saját K+F tevékenység nyomán létrehozandó eszköz a következő előnyöket biztosítja;

Katonai alkalmazás tekintetében:

- Rajszinten már 1-2 eszköz biztosíthatja a teljes alegység energia-menedzsmentjét,
- Számottevően csökkenthető minden katona málházott akkumulátorainak tömege, miközben egy menedzsmenteszköz tömege nem növeli jelentősen a málha tömegét,
- A napelemeknek és az ad-hoc üzemmódoknak köszönhetően – legalábbis energetikai szempontból – a tervezett időn túl is harcképes maradhat az alegység,
- A vészhelyzeti töltési módnak köszönhetően – a használt akkumulátorok károsodása árán – a tervezett időn túl is harcképes maradhat az alegység,
- Elhelyezési körletben csökkenthető a biztosítandó akkumulátor-töltő berendezések típuszáma és mennyisége,
- Megoldható a katonáknál lévő okos-eszközök harctéri vagy elhelyezési körletben való töltése.

Gazdasági vonatkozásban:

- Az eszköz teljesen magyar fejlesztésű, teljes egészében hazai hozzáadott értéket képvisel,
- Az esetleges rendszeresítése és gyártása magyar munkahelyeket hozna létre,
- Mind kifejlesztésének, mind gyártásának költsége csak töredéke a szóba jöhető konkurens típusoknak,
- A kifejlesztett eszköz csúcstechnológiát képvisel a kategóriájában, számottevő polgári gazdasági szinergia-potenciállal bír,
- Mivel Európában nincs hasonló eszköz, nem elképzelhetetlen az exportja,
- Alapja lehet egy későbbi komplex tábor villamos energetikai rendszernek,
- Módosítás nélkül vagy minimális módosítással civil területen is felhasználható, ún. dual-use eszköz.

Az ötlet 2015-ös megszületése után a harcászati-műszaki követelmények kidolgozása közel egy évet vett igénybe, majd miután megtörtént a kezdeményezés a szükséges pályázati eljárás lefolytatására, a nyertes pályázóval 2016 szeptemberében került megkötésre a demonstrátor elkészítésére vonatkozó szerződés. A kész eszközt némi késéssel 2018 novemberében vette át a Magyar Honvédség. A megfelelőségi vizsgálatok lefolytatása után születhet döntés az esetleges továbbfejlesztésről.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BP Statistical Review of World Energy. *British Petrol*, June 2017.
- [2] Haig Zsolt: Az információs hadviselés, vezetési hadviselés, *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 2 (1998) 231–248
- [3] Végvári Zsolt: Akkumulátorok a gyalogos lövész katonák felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai, *Műszaki Katonai Közlöny*, 26 (2016) 85–101
- [4] Christian Seabaugh, How the Humvee Compares to the New Oshkosh JLTV, *Motor Trend*, 17 May 2017, <http://www.motortrend.com/news/humvee-compares-to-new-oshkosh-jltv/> (Az elérés ideje: 2017.11.12)

- [5] Thomas Spinks és Neil Chilton: Generation Power előadás, Armored Vehicle Eastern Europe konferencia, Budapest, 2017.09.26.
- [6] Jed Judson: Oshkosh makes Joint Light Tactical Vehicle more lethal, *Defense News*, 10-okt-2017, <http://www.defensenews.com/digital-show-dailies/ausa/2017/10/09/oshkosh-makes-joint-light-tactical-vehicle-more-lethal/> (Az elérés ideje: 2017.11.12)
- [7] M16 Rifle vs M4 Carbine - Difference and Comparison, *Diffen*, [https://www.diffen.com/difference/M16\\_Rifle\\_vs\\_M4\\_Carbine](https://www.diffen.com/difference/M16_Rifle_vs_M4_Carbine) (Az elérés ideje: 2017.11.12)
- [8] AK-63F gépkarabély modernizáció, *HM Arzenál Zrt.*, <http://www.hmarzenal.hu/vedelmi-ipar/ak-63f-gepkarabely-modernizacio.html>. (Az elérés ideje: 2017.11.12)
- [9] Ványa László: *Irányított energiájú fegyverek*, Budapest: Nemzeti Közszerződésügyi Hivatal, 2013.
- [10] Márkus Ferenc: A gyalogos lövészkatona egyéni harcászati felszerelésének modernizálási lehetőségei a Magyar Honvédségben, *Seregszemle*, 11 (2013), 7–21
- [11] Végvári Zsolt: A LED-ek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben, *Katonai Logisztika*, 23 (2015), 133–162
- [12] Alapi Gábor, Asztalos Zoltán, Bogdán Mihály, Hörcher Frigyes, és Szita Iván: *Villamos forgógépek*. Budapest: Műszaki Kiadó, 1969.
- [13] Végvári Zsolt: A megújuló villamos-energiaforrások felhasználásának lehetőségei harctéri körülmények között, *Hadmérnök*, 11 (2016), 41–53
- [14] Kutatási szerződés a "Korszerű harctéri energetikai megoldások - Smart Energy - kutatás-fejlesztési feladat I. fázis, 1. sz. melléklet: Műszaki, minőségbiztosítási és termékazonosítási követelmények, 2016