

Király László – Végvári Zsolt

# Energiahatékonyság a Magyar Honvédség béke időszaki működésében

DOI 10.17047/HADTUD.2017.27.3-4.54

Az energiabiztonság és az energiahatékonyság olyan kifejezések, amelyeket igen gyakran hallhatunk a híradásokban. Az energiabiztonság jobbjára csak a biztonságpolitikai elemzésekben kap szerepet, de az energiahatékonyság egy olyan dolog, amellyel az élet szinte valamennyi területén találkozhatunk és többnyire annak javításáról van szó. Az már közel sem ennyire nyilvánvaló, hogy a kettő szorosan összefügg. Az energiabiztonsággal kapcsolatban elkerülhetetlen, hogy említésre kerüljön a védelmi szféra szerepe, de az még kevésbé ismert, hogy az energiahatékonyság a honvédelem számára is egyre fontosabb, elsősorban védelemgazdasági kérdés, amellyel foglalkozni kell a korszerű haderő építéskor.

## *Az energia általános kérdései a védelmi szférában*

### *Az energia helye és szerepe a védelemgazdaságban*

Napjainkat, a XXI. századot sokféleképpen szokás aposztrofálni (például az informatika százada, az információs korszak, posztindusztriális korszak stb.). Kevésszer gondolunk bele, de legalább ennyire az energia korszaka is, hiszen az ipari forradalom óta az emberiség léte egyre nagyobb mértékben függ az energiától. A mai modern társadalmakban már az élelmiszertermelés is olyan szinten gépesített, hogy a megfelelő mennyiségű energia biztosítása nélkül a lakosság minimális ellátása is lehetetlen.

A korszerű mezőgazdasági és ipari termelési eljárások olyan mennyiségű energiát igényelnek, ami emberi vagy állati erővel már nagyon régen nem biztosítható. Az emberiség a XXI. század második évtizedében a gépeinek működtetéséhez már nagyságrendileg évi 580 milliárd GJ<sup>1</sup> energiát használ fel (Key Words Energy Statistics 2016, 6.) és ennek kb. 90%-át fosszilis energiahordozókból nyeri. Ez az érték a 40 évvel korábbinak több, mint a duplája és az igény várhatóan nemcsak a termelési módszerek átalakulása révén, hanem az emberi populáció növekedése okán is

1 Az energia SI mértékegysége a Joule (J). Ahol a forrás ettől eltérő egységet használ, ott lehetőség szerint átszámítjuk, de esetenként célszerűségi okokból meg is tarthatjuk azt.

dinamikusan nő majd a jövőben is. Ezek alapján elmondható, hogy civilizációnk fennmaradása soha nem látott mértékben függ az energiától és az energia biztosítása a jövő egyik legfontosabb megoldandó problémája.

Az energia megkerülhetetlen tényező a hadviselés terén is. Talán a napóleoni háborúk kora volt az első időszak, amikor a tömeghadseregek felszerelése és ellátása már nem volt lehetséges manufaktúris termelési módszerek mellett, így a gyárak működtetéséhez szükséges energia biztosítása védelemgazdasági kérdéssé vált. Aztán a XIX. század második felétől a vasút terjedésével már a csapatok tömeges és gyors szállítása is csak további jelentős mennyiségű energia felhasználásával volt lehetséges. Ugyanakkor az is igaz, hogy az első világháborúig maguk a fegyveres erők a harci ténykedésük során még viszonylag kevésbé függtek az energiahordozóktól, gyakorlatilag csupán tűzifára volt szükségük, de a hadseregek gépesítése később itt is gyökeres változást hozott. A második világháború végére egy amerikai katona<sup>2</sup> napi ellátásához már mintegy 4 liternyi olaj-ekvivalens energiára<sup>3</sup> volt szükség. Ez a szám a vietnami háború idején 33 liter volt, az Öböl-háború alatt pedig már 81 liter (Bryce, Robert 2005, 2). Jól látható tehát, hogy a védelmi szféra a gazdaság egyik leginkább energiakritikus ágazatává vált az elmúlt néhány évtized során. A védelmi tevékenység még a fejlett védelmi iparral nem rendelkező országok esetén is jelentős fogyasztó és az is prognosztizálható, hogy a szektor energia felhasználása a belátható jövőben dinamikusan tovább fog nőni. Napjaink katonai műveleteire jellemző, hogy gyakorta földrajzilag távol eső területeken és rendkívül gyors felvonulás után kerülnek végrehajtásra, így a közeli jövőben elsősorban a szállítási igények növekedésére lehet számítani. Azt pedig minden katonai logisztikus tudja, hogy a „többet”, „messzebbre” és „gyorsabban” olyan paraméterek, amelyek csak többlet energia árán biztosíthatóak. A hadviselés távolabbi jövője pedig még inkább az energia korszaka lesz, hiszen az valószínűleg már az irányított energiájú fegyverekről szól majd (Ványa László 2013, 7.).

Az energia, pontosabban az energiahordozók, nemcsak kiváltó okai lehetnek a konfliktusoknak, de minden esetben fontos szereplői is azoknak. Triviális az összefüggés a védelmi képességek és az energiabiztonság között: a szükséges energiahordozókhoz való hozzá nem férés egyértelmű és objektív fenyegetést jelent minden gazdaság számára (Király László – Medveczky Mihály 2009, 48.). Az is ismert, hogy a II. világháború során mind Németország, mind Japán végső vereségéhez jelentős mértékben hozzájárult, hogy a háború utolsó szakaszában a még meglévő haderejüket sem tudták bevetni az állandósult üzemanyagihiány miatt. A frontvonaltól távol, jól felszerelt és veszteséget alig szenvedett alakulatok harc nélkül tették le a fegyvert, mivel már nem volt mód az áttelepítésükre és a szövetségesek az üzemanyagihiány miatt mozgásképtelen harceszközök sokaságát zsákmányolták a háború utolsó hónapjaiban.

2 A második világháborúban az amerikai hadsereg volt egyedülként teljes egészében gépesítve, ezért a modern konfliktusok tekintetében ezt tekintjük kiindulási alapnak.

3 Ahol nem homogén az energiakiosár, a különféle mértékegységekkel jellemzett energiaforrások összetetéséhez gyakorta alkalmaznak egyfajta egységes mértéket. Ennek általánosan használt de facto, nem hivatalos SI mértéke az olaj ekvivalens hordó, ami SI egységben kifejezve 6,12 GJ. Mivel egy hordó a kőolaj esetében nem egészen 159 litert jelent, egy liternyi kőolaj energiataralma kb. 38,5 MJ.

A védelemgazdaság feladata egyebek között a védelmi igények érvényesítése a nemzeti erőforrások allokációjában (Király László – Medveczky Mihály 2009, 11.), és ilyen erőforrás az energia is. Tehát a védelem szervezeti egységei számára az energia biztosítása is a védelemgazdasági tevékenység összetevője. A védelemgazdaság része a teljes nemzetgazdaságnak, így az energetikai forrásokért való versenyben a védelmi szféra is az energiapiac szereplőjévé válik, noha annak általános szabályai – a biztonság, mint közgazdasági értelemben vett jószág (Király László – Medveczky Mihály 2009, 12) különleges volta miatt – nem minden esetben vonatkoznak rá.

### *A védelmi szféra, mint energiapiaci szereplő és az energiabiztonság*

Energiapiaci szereplőként a védelmi szféra az esetek többségében igen jelentős szerepet tölt be. Az Egyesült Államokban a védelmi minisztérium messze a legnagyobb energia-felhasználó, és amennyiben az USA fegyveres erőit egyetlen entitásként kezelnénk, akkor ez lenne a világ legnagyobb energia-felhasználója. Az US DoD<sup>4</sup> 2015. évi mintegy 791 millió GJ-nyi felhasználása éppen meghaladja Svédország teljes felhasználását (George, William 2015). Ezt az energiamennyiséget a Paksi Atomerőmű 12,5 év alatt állítaná elő. Nem nehéz elképzelni, hogy egy ekkora felhasználó milyen jelentős hatással lehet nemcsak a saját nemzetgazdaságára, hanem az egész világg piacra is.

Az energiabiztonság egy olyan állapot, amikor a gazdaság és a társadalom fenntartásához, illetve fejlődéséhez szükséges energiamennyiség a rendelkezésre áll és a hozzáférés is biztosított. Ez egy ország szuverenitása szempontjából olyan fontos tényező, amelynek biztosítása érdekében adott esetben bármely állam hajlandó akár a haderejét is bevetni. Normális esetben persze elsősorban diplomáciai és gazdasági eszközökkel próbáljuk elérni.

Az energiabiztonság javításának alapvetően két módja van, a *diverzifikáció* és az *energiatermelés* javítása. Az első esetben a szükséges energiát több forrásból próbáljuk biztosítani, így az egyik részleges vagy teljes kiesésekor nem feltétlenül omlik össze a gazdaság. A diverzifikációért tett lépések sajnos többnyire igen költségesek. Nem nehéz belátni, hogy két független kőolajvezeték nagyban növeli egy ország energiabiztonságát, ám kiépítésük költsége éppen kétszer akkora, mint egy vezeték esetén. Az energiaforrások tekintetében kevésbé szerencsés országok (mint például Magyarország) esetében sokkal inkább kívánatos az energiatermelés javítása, vagyis makroszinten értelmezve ugyanolyan gazdasági teljesítmény elérése kevesebb felhasznált energia mellett. Ne feledjük, hogy a fel nem használt energia a legolcsóbb!

A nem különleges jogrendi időszakban a védelmi szféra alapvetően nem „megteremtője”, csupán haszonélvezője az energiabiztonságnak, de saját energiatermelésének javításával ilyenkor is hozzájárulhat a nagyobb biztonsághoz. A világ legtöbb államában, így Magyarországon is, a védelmi szféra messze nem olyan jelentős energiapiaci szereplő, mint az USA-ban, de mindenképpen a jelentősebbek közé tartozik. A piacgazdaságokban, így például hazánkban is, béke körülmények között a honvédelem létesítményei villamos energia, illetve földgázellátás szempontjából

4 United States Department of Defense – Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma.

egyszerű nem lakossági felhasználónak számítanak, és a mindenkori díjszabás szerint – bár központilag – fizetik a fogyasztást a szolgáltatók felé. Az üzemanyagokat, hajtóanyagokat szintén piaci áron szerzi be a Magyar Honvédség és azok után (kivéve a missziós felhasználást) általános forgalmi adót és jövedéki adót fizet be a költségvetésbe. Közgazdasági értelemben a védelmi szféra által előállított „termék” a biztonság (Király László – Medveczky Mihály 2009, 12.). Bár a nemzetgazdaságnak ebben a szegmensében nincs verseny és a biztonság legtöbb aspektusában a fegyveres erők az egyedüli „termelők”, mégsem mellékes, hogy a védelmi szféra milyen áron képes „előállítani” a kívánt biztonsági szintet, avagy adott költségvetési forrás mellett milyen színvonalú biztonságot „kínál”.

A fentieknek megfelelően nem elhanyagolható a védelem fenntartásának és korszerűsítésének ára, amit mindennél ékebben támaszt alá a katonai logisztika (e cikk elején még nem említett) negyedik jelszava: az „olcsóbban”. Ugyan a klasszikus értelmezés szerint a védelem területén nincs hagyományos értelemben vett verseny, a nemzetközi kitekintés alapján mégis viszonylag jól megítélhető, hogy mennyire hatékony egy-egy államban a védelmi szféra. Mivel a védelmi tárca – államformától függetlenül – a költségvetésen belül versenyez a többi tárccal a forrásokért, a hatékony felhasználás természetesen több mint kívánatos, és ahogy minden mást, a védelmi feladatok energiaigényét is szükséges koordinálni.

A nominális energiafogyasztás természetesen mérsékelhető az elvégzett feladatok csökkentése útján is, ám ez nyilvánvalóan nem a legjobb megoldás, hiszen rontja a védelem minőségét. A védelmi szféra tevékenységrendszere csak akkor csökkenthető, ha az nincs az elégségesnek ítélt védelmi képességekre negatív hatással, ennek tervezése viszont túlmutat a védelemgazdaság tevékenységkörén.

Feltételezve, hogy az elégséges védelem feladatrendszere adott, akkor az energiaköltségek mérséklésére csak a fajlagos energiafogyasztás csökkentése a járható út. Ez nem csupán a költségvetési kiadásokra van jótékony hatással, de a környezeti hatásai (Király László – Medveczky Mihály 2009, 14.) is pozitívak. Az energiahatékonyság javítása tehát a védelemgazdaságnak is ugyanúgy az érdeke, ahogy az a civil területeken is fontos szempont. Erre először az 1973-as nagy olajválság ébresztette rá a fejlett világot, de mára az energiagazdálkodás már szerves része a mindennapoknak mikro- és makroszinten egyaránt. Az energia hatékonyabb felhasználása egyértelműen beletartozik a védelemgazdaság eszközrendszerébe is, az energiahatékonyság növelését célzó programok tervezése és végrehajtása alapvető érdeke a védelmi szférának, illetve általában a nemzetgazdaságnak is.

## *A katonai energiahatékonyság javításának nemzetközi szinterei*

### *A műveleti energiahatékonyság*

A bevezetésben említetteknek megfelelően a védelmi szféra a különleges jogrendi időszak kivételével nem „termelője” az energiabiztonságnak, csupán a haszonélvezője annak, ezért békeidőszaki tevékenységében az energiahatékonyság növelése a legfontosabb. A hatékonyabb energia-felhasználás önmagában a védelmi célú költségek csökkenését eredményezi a katonai potenciál változatlansága mellett, aminek

egyenes következménye a környezeti hatások csökkenése,<sup>5</sup> ami pedig közvetten javítja a védelmi szféra általános megítélését is. A védelmi tevékenység hatékonyabb energetikája újabban a nemzetközi szinten már jelentős hangsúlyt kapott, és bár az így létrejött újszerű kihívások a hazai katonai gondolkodásba még nem épültek bele, mindenképpen megemlítjük azokat.

2010-től működik a NATO brüsszeli székházában a Különleges Biztonsági Kihívások Osztálya,<sup>6</sup> amely tevékenységének jelentős részét energetikai problémáknak szenteli [6]. 2012-ben Vilniusban alakult meg a NATO Energiabiztonsági Kiválósági Központja,<sup>7</sup> amely az energiabiztonság növelése eszközének tekinti az energiahatékonyság javítását (NATO ENSEC COE hivatalos honlapja). Vilniusban minden évben megrendezik az Innovatív Energetikai Megoldások Katonai Alkalmazása<sup>8</sup> nemzetközi kiállítást és konferenciát. A NATO energetikai törekvéseinek csúcspontján azonban az említett két NATO-szervezet és a prágai székhelyű, elvben független Nemzetközi Logisztikai Koordinációs Központ<sup>9</sup> együttműködése jelenti. Az MLCC által rendezett „Tetterős Logisztikus”<sup>10</sup> nemzetközi logisztikai együttműködési és szabványosítási gyakorlatok alkalmával az előremutató katonai energetikai eszközök és technológiák egy ún. „Smart Energy”<sup>11</sup> logisztikai egységként harctéri körülmények között működnek (CL15 Final Evaluation Report 2016).

Jelentős elvárások mutatkoznak a tagállamok haderői felé energetikai területen az Európai Unió részéről is. Az Európai Védelmi Ügynökség<sup>12</sup> 2014-től működtet önálló munkacsoportot *Energia és Környezet* névvel, melynek ülésein rendszeresen részt vesz az Európai Bizottság képviselője is. Legfontosabb rendezvényük a Konzultációs Fórum a Fenntartható Energiáért a Védelmi és Biztonsági Szektorban<sup>13</sup> konferenciasorozat, amelyet az EDA szervez, de a költségeket szerződés alapján az Európai Bizottság fizeti (Az EDA hivatalos honlapja).

Fontos megemlíteni, hogy a különleges jogrendi időszakban vagy akár missziós területen végrehajtott katonai feladatok tényleges kivitelezése során az energiahatékonyság költségcsökkentő hatásának nincs nagy jelentősége. Minden esetben prioritást élvez a feladat sikeres végrehajtása, majd ezután következik a veszteségek minimalizálása és csak a szempontrendszer végén található a katonai művelet költsége. Más szempontok alapján ugyanakkor itt is fontos az energiahatékonyság javítása.

5 Az összes emberi tevékenység közül valószínűleg az energiahordozók kitermelése, átalakítása, illetve az energia felhasználása okozza a legtöbb környezeti kárt, hiszen jelentős mennyiségű energia felhasználása nélkül más primer környezeti pusztítás (például fakitermelés, ipari halászat, műanyagok előállítása) sem lenne végezhető.

6 Emerging Security Challenges Division – NATO ESCD

7 NATO Energy Security Centre of Excellence – NATO ENSEC COE

8 Innovative Energy Solutions for Military Application – IESMA

9 Multinational Logistic Coordination Centre – MLCC

10 Capable Logistician. Az utolsó ilyen gyakorlat, a CL15, 2015-ben hazánkban Várpalotán került megrendezésre, jelenleg a lengyelországi helyszínre tervezett CL19-et szervezik

11 Nehezen magyarosítható kifejezés, kb. „ügyes energiát” jelent. A NATO-n belül kezd egyfajta márkánévvel alakulni és ide sorolnak minden korszerű energetikai eszközt és eljárást.

12 European Defense Agency – EDA

13 Consultation Forum for Sustainable Energy in Defense and Security Sector – CF SEDSS

Ismert tény, hogy minden katonai művelet Achilles-sarka az utánpótlási vonal. Könnyű belátni, hogy ha egy harcjármű tovább tud, haladni adott üzemanyag-mennyiséggel vagy egy rádió tovább működik egyetlen feltöltéssel, az csökkenti a csapatok utánpótlás-függését, növeli azok túlélőképességét, így műveleti előnyt biztosít. Ez azonban már elsősorban nem a védelemgazdaság tárgykörébe tartozó kérdés.

### *A Magyar Honvédség béke időszaki energetikája*

#### *A honvédelmi célú energetikai kiadások makroadatai Magyarországon*

A biztonság és a védelem elég tágan értelmezhető fogalmak, számos országban a védelmi tárca alá tartozik például a katasztrófavédelem is. Jelen cikkben, a továbbiakban csak a szűken vett magyar honvédelmi tárca energetikai adatait elemezzük, tehát az országvédelem, a missziós szerepvállalás, a humanitárius és határvédelmi feladatok<sup>14</sup> energetikai viszonyait tekintjük át. Ahol azt külön nem jelezzük, ott a 2015. évet tekintjük bázisnak. A honvédelmi tárca energiakosarában a szállítás és az állandó infrastruktúra működtetésének energia felhasználást elemezzük, illetve sajátos viszonyai miatt megemlítjük a tábori elhelyezés energetikai kérdéseit. Valamennyi esetben vizsgáljuk az energiahatékonyság javításának lehetőségét is. Az energia formái közül a közüzemi villamos áram- és földgázfogyasztást valamint a motorbenzin és gázolaj fogyasztás adatait elemezzük. Mivel a magyar légierő a NATO szövetségi rendszerén belül részt vesz a szlovén és a balti légtér védelmében is, illetve általában a készenléti szolgálat nem tartozik szorosan a haderő béke időszaki<sup>15</sup> tevékenységei közé, a kerozin felhasználási adatainak közlésétől eltekintünk, a többi energiahordozót (fűtőolaj, szén, tüzifa) pedig azok minimális mennyisége miatt nem vesszük figyelembe. A haderő energiakosarában még nem képez túl jelentős tételt a nem vásárolt, vagyis a saját termelésű energia, előremutató voltok miatt mégis mindenképpen szót ejtünk a Honvédség által telepített és használt napenergia-rendszerekről.

#### *A béke időszaki szállítási feladatok energia-felhasználása*

A Magyar Honvédség a rendszerváltás idejére felszámolta valamennyi vasutas, illetve vasútépítő alakulatát, jelenleg semmilyen saját tulajdonú vasúti szállítási kapacitást nem tart fenn (infrastruktúra területén még néhány laktanya rendelkezik iparvágánnyal). A szárazföldi szállítási igényeit alapvetően közúti eszközökkel biztosítja, az esetleg szükséges vasúti szállítást pedig szolgáltatásként vásárolja, így ennek üzemanyag-fogyasztási adataival nem rendelkezünk, ezért a továbbiakban a szárazföldi szállítás alatt lényegében közúti szállítást értünk.

14 Magyarország alaptörvényének a Magyar Honvédségről szóló 45. cikke szerint ezek a Magyar Honvédség feladatai.

15 A fegyveres erők szempontjából jelen írásban béke időszaknak tekintünk minden olyan időszakot, amelyre nem vonatkozik Magyarország alaptörvényének 48–54. cikke szerinti különleges jogrend.



Mint azt korábban említettük, a nem különleges jogrendű időszakokban a Magyar Honvédség a járművei, a harcjárművei, illetve egyéb haditechnikai eszközei üzemeltetéséhez szükséges üzemanyagokat vásárolja. A honvédségi közúti járművek egy kisebb része üzemanyagkártyával a civil töltőállomásokon is tankolhat (az ilyen vásárlások kevesebb, mint 5%-át jelentik a teljes felhasznált üzemanyag-mennyiségnek), de a járművek és egyéb eszközök ellátása céljából a fontosabb helyőrségek mindegyikében saját üzemeltetésű töltőállomások is vannak. A honvédségi töltőállomások ellátását külső szerződött cégek végzik, de a Magyar Honvédség rendelkezik saját letárolt üzemanyaggal, illetve tartálykocsikkal is, melyekkel az Alaptörvény 52. cikk szerinti megelőző védelmi helyzetben külső nemzetgazdasági források igénybevétele nélkül is képes ellátni saját alakulatait egy meghatározott ideig. Az üzemanyagdepók helye, illetve a letárolt üzemanyag mennyisége természetesen nem publikus.

A Honvédelmi Minisztérium nem üzemeltet saját gépjárműveket, azokat a Magyar Honvédség bocsátja a rendelkezésére. Az üzemanyag-ellátás központilag történik, a vonatkozó szerződések kezelését, a kiszállításokat stb. Magyarország területén teljes egészében, missziós területen pedig jelentős részben<sup>16</sup> a Magyar Honvédség Logisztikai Központja végzi.<sup>17</sup>

A Magyar Honvédség összességében mintegy 5 millió liternyi üzemanyagot használ évente, aminek (2015-ben) 83,2%-a volt gázolaj, 16,8%-a motorbenzin. Az Európai Bizottság szerint (EU Energy in Figures 2016, 208.) Magyarország teljes ásványolaj-származék felhasználása (a 2014. évben) 6,7 milliárd kg volt, ami kb. 7,4 milliárd liter<sup>18</sup> nyers kőolajnak felel meg. Más források szerint (CIA – The World Factbook ez az adat 49,3 millió hordó, azaz kb. 5,7 milliárd liter<sup>19</sup> (a 2016. évben). Mivel nem valószínű, hogy a teljes felhasználás 20%-ot ingadozna két év viszonylatában, feltételezhetjük, hogy mindkét adatnak nagy a bizonytalansága, így hasznosabb, ha az üzemanyag-töltő-állomások forgalmát vizsgáljuk. Ez a bázisévben 1,92 milliárd liter gázolaj és 1,26 milliárd liter motorbenzin, azaz összesen 3,18 milliárd liter volt (Magyar Távirati Iroda archívuma). A nyersolaj-felhasználás viszonylatában a Magyar Honvédség tehát kb. 0,68–0,88 ezrelékes<sup>20</sup> felhasználó, a töltőállomások forgalmához viszonyítva viszont már 1,61 ezrelék a részaránya.

Az Egyesült Államokét kivéve sajnos más haderők hasonló fogyasztási adataira vonatkozóan nem találtunk hiteles forrást. Az a tény, hogy az USA védelmi tevékenysége a teljes nemzeti kőolaj fogyasztásának mintegy 2%-át teszi ki, mindenképpen

16 Az Irakban és Afganisztánban szolgáló magyar csapatok ellátását jelentős részben a szövetségesek végzik, ezek egy része nem is kerül kiszámlázásra. A sínai misszió MFO tulajdonú, a ciprusi kontingens pedig ENSZ tulajdonú gépjárműveket használ, így ezek fogyasztása egyáltalán nem szerepel az adatok között.

17 A kapcsolódó adatszolgáltatásért köszönettel tartozunk a parancsnoknak, Baráth István dandártábornok úrnak.

18 A kőolaj sűrűsége fajtától függően 0,9–0,92 kg/liter

19 1 hordó (barrel) = 115,63 liter

20 A jobb olvashatóság érdekében nem használjuk a % szimbólummal könnyen összekeverhető ‰ szimbólumot, és kiírjuk az ezrelékes értéket.

megfelel a világ vezető katonai hatalmának, és a magyar haderő teljesítményét semmiképp sem célszerű ezzel összevetni. Az USA napi mintegy 45 millió literes katonai üzemanyag-felhasználása természetesen tovább bontható, és érdemes is tovább vizsgálni. Amennyiben az összevetést csak a szárazföldi haderőnem tekintetében végezzük, amely az USA katonai üzemanyag igényének 20%-át adja (Bennett, Jody Ray 2011), 4 ezrelékes érték adódik. Ez még mindig jóval magasabb a hasonló magyar értéknél, de tekintve a két ország GDP-je közötti különbséget valamint a messze eltérő katonai ambíciókat, ez nem is túl meglepő. Figyelemre méltó még az a tény, hogy az USA a katonai üzemanyag felhasználásának fele az országának határain kívüli tevékenység során jön létre, míg magyar részről ez mindössze 4–5%.

Mindezek alapján – tekintve, hogy Magyarországnak a szövetségi rendszerből eredőeken túl nincsenek a határain túlnyúló katonai ambíciói, illetve figyelembe véve az ország ilyen értelemben kedvező földrajzi adottságait is<sup>21</sup> – megállapítható, hogy az üzemanyag-felhasználás mértéke arányban van a haderő nagyságával és a katonai célkitűzésekkel.

#### *Az állandó infrastruktúra fenntartásának energetikai kiadásai*

A magyarországi honvédelmi célú béke időszaki infrastruktúra működtetéséhez szükséges energia alapvetően földgáz és villamos energia formájában jelentkezik. Ahogy azt korábban jeleztük, az egyéb energiahordozók, például szén vagy fűtőolaj<sup>22</sup> felhasználása annyira marginális, hogy azok figyelmen kívül hagyása érdemben nem befolyásolja az elemzésünket. A Magyar Honvédség, illetve a Honvédelmi Minisztérium valamennyi ingatlanának fenntartását és működtetését a HM Ei Zrt.<sup>23</sup> végzi, a közüzemi számlákat közvetített szolgáltatásként továbbítja a HM infrastrukturális feladatainak végrehajtásáért felelős költségviselő háttér-intézménye, a HM Védelemgazdasági Hivatal felé.<sup>24</sup>

Magyarország teljes földgázfelhasználása a bázisévben 8 907 millió m<sup>3</sup>, ebből az egyetemes szolgáltatás keretében elosztott fogyasztás 8042 millió m<sup>3</sup>, a lakossági felhasználás 3133 millió m<sup>3</sup> volt<sup>25</sup> (2016). Fontos megjegyezni, hogy a hazai nem lakossági gázfogyasztás túlnyomó része is a fűtési céllal kerül felhasználásra és csak viszonylag kisebb mennyiséget használ az ipar a termelőeszközök működtetésére. Bár a legalább részben földgázt tüzelő teljes hőerőművi kapacitás összemérhető a hazai villamosenergia-termelés gerincét adó paksi és visontai erőművekkel, a tényleges

21 Az a tény, hogy az ország kelet-nyugati és észak-déli kiterjedése között nincs nagy különbség, illetve, hogy területének jelentős részén nincsenek számottevő szintkülönbségek, kedvezőek a szárazföldi közlekedés üzemanyag felhasználásának szempontjából.

22 A rendszerváltást követő időszakban még voltak jelentős katonai alakulatok, illetve laktanyák amelyek fűtőolajat használtak (például Ercsi), de ezek az ezredfordulóra vagy bezárásra kerültek, vagy korszerűsítették a fűtésrendszerüket.

23 Honvédelmi Minisztérium Elektronikai, Logisztikai és Vagyonkezelő Zrt.

24 A kapcsolódó adatszolgáltatásért köszönettel tartozunk a főigazgatónak, Fodor Péter dandártábornok úrnak.

25 1 m<sup>3</sup> földgáz fűtőértéke kb. 36 MJ, tehát Magyarország 2015-ben kb. 320 millió GJ gázenergiát fogyasztott.



hazai villamosenergia-termelésnek csak néhány százaléka történik gáztüzeléssel,<sup>26</sup> mert olcsóbb importálni a villamos energiát. A fűtési célú felhasználás dominanciája miatt az éves földgáz-fogyasztás igen erős kapcsolatot mutat az éves átlaghőmérséklettel. 15 C° napi középhőmérséklet alatt minden további 1 fokos lehűlés napi 2,1 millió m<sup>3</sup> többletfogyasztást generál (Több villamos energiát fogyasztottunk... 2016). A Magyar Honvédség a bázisévben 15,2, míg a Honvédelmi Minisztérium 3,3 millió m<sup>3</sup> földgázt használt fel. Tehát a magyar haderő 18,5 millió m<sup>3</sup>-es (666 000 GJ) gázfogyasztása az egyetemes szolgáltatás mintegy 2,3 ezrelékét tette ki.

Magyarország teljes villamosenergia-fogyasztása a bázisévben 44 035 TWh (158 millió GJ) volt<sup>27</sup> (Több villamos energiát fogyasztottunk... 2016), aminek közel 29%-a importból származott. Jellemző a magyarországi klímára, hogy bár folyamatosan nő az egyébként igen jelentős villamos fogyasztónak számító klímaberendezések száma, a legtöbb villamos energia mégis télen fogy, vagyis ha az ipari termelést éves viszonylatban nagyjából konstansnak tekintjük, akkor a világítási célú villamos energia jelentős részesedése figyelhető meg a nem ipari célú felhasználáson belül és bár a villamos fűtés hagyományosan nem számít az olcsó megoldások közé,<sup>28</sup> ennek is igen jelentős a részesedése. A teljes magyar villamoshálózat terhelése átlagosan 5 GW körül van, de 2017. január 11-én, amikor a napi átlaghőmérséklet mindössze -7,1 C° volt, sikerült beállítani a jelenlegi rekordnak számító 6780 MW-ot (ha folyamatosan ekkora terheléssel üzemelne az elosztó rendszer, akkor évi 60 000 TWh, azaz 215 millió GJ lenne az ország villamos energia igénye). A Magyar Honvédség a bázisévben 68,4 millió kWh, a Honvédelmi Minisztérium mintegy 12 millió kWh villamos energiát használt. Vagyis a haderő éves 80 400 MWh (289,5 millió MJ) fogyasztása mindössze 1,82 ezrelékét képviseli a teljes magyar felhasználáson belül.

A Magyar Honvédség 2013-tól összesen nyolc helyszínen (a minisztériumi épületeket leszámítva tulajdonképpen a legnagyobb hazai katonai objektumok mindegyikében) helyezett üzembe napelemes rendszereket.<sup>29</sup> Az összesen tíz berendezés mindegyike 48–50 kW-os csúcsteljesítményre képes. Ennek a limitnek az az oka, hogy a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény értelmében így ún. kiserőműnek számítanak, miáltal lényegesen egyszerűbb az engedélyeztetési eljárásuk, illetve a villamos elosztói hálózatra történő rácsatlakoztatásuk is.<sup>30</sup> Ezek a rendszerek

26 A hazai villamos energia-ellátás legalább felét a 2 GW névleges teljesítményű Paksi erőmű és az 1 GW-os lignittüzelésű Mátrai erőmű adja. A legalább részben földgáz (+biomassza, gudron, gázolaj) üzemű erőművek névleges összeljesítménye több mint 2,5 GW, de ezek valós pillanatnyi részesedése általában csupán 1 GW körüli [14].

27 1 kWh = 3,6 MJ

28 A korszerű villamos fűtőtestek hatásfoka csaknem 100%, de a villamos energia jóval drágább a hagyományos fűtési eljárásokhoz képest. Ugyanakkor mivel könnyű és olcsó telepíteni, kiegészítő fűtéstként igen elterjedt.

29 A napenergia hasznosításának jelenleg két főbb módozata ismert. A napkollektorok a napsugárzás által keltett hővel indirekt módon meleg használati vizet állítanak elő, míg a napelemek az ún. fotovillamos hatás révén a napsugárzásból direkt módon villamos egyenáramot generálnak. Mivel a villamos hálózat váltakozó áramú, az ahhoz történő illesztés érdekében egy inverter nevű villamos berendezést is alkalmazni kell.

30 A napelemes rendszerek önállóan nem képesek semmilyen létesítményt kiszolgálni, mivel csak bizonyos napszakokban termelnek áramot. A különálló villamos rendszereknél bonyolult és drága akku-

az elmúlt időszakban összesen kb. évi 600 MWh igen olcsó<sup>31</sup> villamos energiát állítottak elő. Ez a teljes MH–HM villamos energia felhasználásnak csupán kevesebb, mint 0,8%-a, viszont például a hódmezővásárhelyi laktanyát tekintve már csaknem 10% az arány. Egy mai átlagos napelemes rendszernél általában 5–8 éves megtérüléssel lehet számolni, de a honvédségi kiserőművek jelentős pályázati forrás bevonásával kerültek megvalósításra, így a tárcsa költségvetése szempontjából mindössze 2–4 év a várható megtérülés. A kedvező tapasztalatok nyomán a HM Védelemgazdasági Hivatal infrastrukturális szakemberei jelenleg további 13 darab ~50 kW-os kiserőmű beszerzését és üzembe állítását készítik elő.

Az állandó infrastruktúra azon elemeit (az esetek többségében távközlési berendezések), amelyeknél követelmény a folyamatos üzem, szünetmentes áramforrások (akkumulátor-csoportok) biztosítják. Ezeknek a tartós áramszünetre vonatkozó villamosenergia-igényét fix dízelaggregátorok alkalmazásával oldják meg.

### *A tábori elhelyezés energetikai viszonyai*

Egy haderő tényleges harcértékének két legfontosabb összetevője a felszerelés minősége és a katonák kiképztségének színvonala. Ez utóbbi miatt a katonai alakulatok béke időszaki tevékenységei között kiemelt szerepe van a gyakorlatoknak. A gyakorlat egy tényleges katonai tevékenység szimulációja, ilyenkor a csapatok jellemzően a béke elhelyezési körleteiktől, azaz az állandó infrastruktúrától távol tevékenykednek és ideiglenes tábori elhelyezésben részesülnek. A tábori elhelyezés infrastrukturális elemeinek legfontosabb tulajdonságai a magas fokú mobilitás, a könnyű telepíthetőség, a zord körülményekkel szembeni ellenállás. Az energiahatékonyság nem élvez prioritást, csak akkor juthat szerephez, ha az egyéb követelmények teljesülését nem akadályozza.

A tábori elhelyezés fűtésrendszere villamos fűtőberendezésekre épül, de még használatosak a hagyományos szilárd tüzelésű kályhák is. A Magyar Honvédség a különleges jogrendű időszakokra természetesen nem tart fent zártcélú földgázellátó rendszert, és a logisztikai ellátási lánc miatt PB-gázt sem használ. A missziós területeken általában szintén tábori, vagy ahhoz igen hasonló, többé-kevésbé ideiglenes, például konténeres elhelyezési körletekben vannak elszállásolva a magyar egységek, így itt sem jellemző a földgáz használata.

Jelenleg a tábori elhelyezés teljes villamos energiaigényét különféle teljesítményű mobil aggregátorok alkalmazásával biztosítják. Az áramfejlesztők bázisví kikapcsolási, gyakorlatozási célú gázolajfogyasztását a motor-hajtóanyag adatok tartalmazzák. A második világháborúig tábori elhelyezésben szinte kizárólag csak a távközlési berendezések igényeltek villamosságot, ezért azokhoz egyedi, viszonylag kis teljesítményű aggregátorokat készítettek. Később villamosításra került a tábori világítás is (így az ellátási

---

mulátoros tárolókba töltik az aktuálisan fel nem használt energiát, és később onnan nyerik ki. Az elosztói hálózatra kapcsolt napelemeknél ezt a funkciót maga a hálózat tölti be, ezért az ilyen rendszerek lényegesen olcsóbbak.

31 A köznyelv gyakran „ingeny” energiának nevezi a megújuló forrásból származókat, de valójában csak az „energiahordozó” napfény vagy szél van ingeny, a rendszer telepítésének és karbantartásának már természetesen vannak költségei.

lánból kikerülhetett a petróleum), majd még további berendezések. Ezek együttes villamos energiaigénye már indokoltá tette, hogy tábori körülmények között is villamos hálózat épüljön ki. Ennek táplálására nagyteljesítményű, önjáró alvázra vagy utánfutóra épített aggregátorok használatosak. A nagyobb aggregátorok hatásfoka, ha csupán néhány százalékkal is, de jobb, mint a kisebbeké, ugyanakkor ez a fajta centralizált ellátási séma mind meghibásodás, mind ellenséges tevékenység szempontjából sérülékeny, továbbá a fogyasztói hálózat kiépítése is fokozottan anyag- és időigényes.

A missziós területeken a magyar egységek egyáltalán nem tartanak fenn különálló áramellátást, minden esetben a koalíciós erők közös tábori rendszerére kapcsolódnak. A legtöbb helyen viszont a felhasználási adatok nincsenek a résztvevő nemzetekre lebontva, így ezekkel az adatokkal még akkor sem tudnánk számolni, ha rendelkezniénk azokkal.

*A magyar haderő 2015. évi összesített<sup>32</sup> energiamérlege és az elsődleges következtetések*

	<i>Elszámolási egység</i>	<i>Fogyasztott mennyiség</i>	<i>Ekvivalens energia mennyiség (GJ)</i>	<i>%-os arány a nemzetgazdaságban</i>	<i>Becsült költség<sup>33</sup> (millió Ft)</i>
Motor hajtóanyag	liter	5 053 202	186 630	0,161	1 768
Földgáz	m <sup>3</sup>	18 514 013	666 504	0,23	1 888
Villamos energia	kWh	80 413 775	289 490	0,182	3 025
Összesen	–	–	1 142 624	0,191	6 682

A fenti táblázatból kiderül, hogy nominálisan a legtöbb energiát az objektumok fűtése, illetve a főzés igényli, ugyanakkor mivel a földgáz a legolcsóbb energiafajta (kb. 2,8 Ft/MJ) a ráfordított összeg nem a legnagyobb. Egyébként ez az olcsóság az oka annak is, hogy bár a földgáz igényli a legköltségesebb elosztói hálózatot, mégis általánosan használt. Fajlagosan jóval drágábbak a motor hajtóanyagok (kb. 9,5 Ft/MJ) és a villanyáram (kb. 10,4 Ft/MJ). Az viszont nem várt eredmény, hogy messze a villamos áram költségei jelentik a legnagyobb részt az energia-kiadások terén. Erre vonatkozóan nem végeztünk kutatást, de a világ trendjei alapján<sup>34</sup> ésszerű a feltételezés, hogy a

32 A korábban említetteknek megfelelően a csekély részesedésű energiahordozók nem szerepelnek a táblázatban.

33 A villamos áram és a földgáz esetében az ár időszakonként és/vagy a mennyiség függvényében is változik, valamint egyéb díjakat is tartalmaz. A Magyar Honvédség a hatósági közüzemi tarifák szerint megkötött szerződések alapján fizeti az energia-számláit, de az egyszerűbb számítás kedvéért az éves átlag lakossági díjszabást vettük alapul, amely így egyfajta alsó becslésnek tekinthető.

34 Az elmúlt 40 évben több mint négyszeresére nőtt az emberiség által előállított villamos energia mennyisége, miközben a teljes globális energiafelhasználás „csak” megduplázódott ezen időszak alatt. Másképp kifejezve, míg a villamosság aránya a 70-es években csupán 9%-a volt a globális energiaszárnak, mára ez közel 20% (Key Words Energy Statistics 2016, 28.)

védelmi tárca teljes energia felhasználásán belül évről-évre nő a villamos energia aránya, ami a villamosság univerzalitásából és az egyre nagyobb mennyiségű és többféle felhasznált villamos berendezésből adódik.

A táblázat alapján becsült energiaköltségek a magyar honvédelmi tárca teljes 250 milliárd forintos 2015. évi költségvetésének mintegy 2,67%-át emésztették fel, de a légitörő nem részletezett felhasználása és a marginális energiahordozók valószínűleg 3% közelébe tolnák ezt az arányt. Ez a rész az Egyesült Államok esetében kb. 4,8%-ot vesz el a védelmi költségvetésből (National Defense Budget Estimates for FY 2016, 14.), amit leginkább az USA országhatárain túli igen jelentős katonai aktivitása magyarázhat. Mivel ahogy azt korábban jeleztük, más államok hasonló adatait jelenleg nem ismerjük, így tényszerűen ez nem támasztható alá, de valószínűsíthető, hogy az energia részaránya a védelmi költségvetésen belül megfelel a térség államai hasonló átlagának. Az energetikai makroadatok alapján egyébként sem lehet egy ország tényleges katonai potenciálját helyesen megítélni, de több éves adatsor összehasonlítása az aktivitásra vonatkozóan már adhatna információt.

Igen érdekes, hogy a védelmi tárca részesedése az egyes vizsgált energiatípusok nemzeti gazdasági felhasználásában igen hasonló arányt, rendre 2 ezrelék körüli értéket mutat. Ez a fajta kiegyensúlyozottság alighanem annak köszönhető, hogy bár a Magyar Honvédség missziós szerepvállalása egyáltalán nem elhanyagolható, a legnagyobb költséget mégis a hazai fenntartási, elhelyezési, szállítási, stb. igények jelentik. Ezek a területek pedig nincs indokolható katonai sajátosság, így a védelmi tárca béke időszaki energiakosara, a földrajzi és gazdasági jellemzők alapján viszonylag jól leképezi a „civil” energiakosarat.

Kissé kilóg a sorból az üzemanyag és a villamosság arányaihoz képest a 2,3 ezrelékes földgáz felhasználás. Ennek indoka az lehet, hogy a Magyar Honvédség gépjármű-flottájának gerincét adó és a legtöbbet futó darabjai a folyamatos beszerzések nyomán korszerűségüket és életkorukat tekintve az országos átlag közelében lehetnek, míg a villamos készülékek a tartós fogyasztási cikkekben belüli relatív rövid életciklusuk miatt szintén gyorsan cserélődnek. Ugyanakkor az épületek fűtési rendszerre legalább 30–50 éves élettartamra készül. A Magyar Honvédség a rendszerváltás óta eltelt időszakban a létszámának csökkenésével együtt számos objektumát felszámolta, így viszonylag kevés új épületre volt igény, a meglévők épületgépészete pedig az esetek többségében erősen elavult. Ennek köszönhetően és mivel az épületek utólagos hőszigetelése terén sem voltak jelentős beruházások, a Magyar Honvédség épületeinek átlagos energiahatékonysága minden bizonnyal elmarad az országos átlagtól.

### *Az energiahatékonyság javításának célzott területei a Magyar Honvédségben*

A korábbiaknak megfelelően a védelemgazdaság szempontjából rendkívül előnyös, ha a katonai potenciál csökkenése nélkül képesek vagyunk a védelmi célú energiafelhasználást mérsékelni. Természetesen az energiahatékonyság növelésének is vannak kezdőköltségei, az eljárások bevezetésének és a korszerűbb eszközök beszerzésének számottevő forrásigénye lehet. A makroszinten legjobb eredmény elérése érdekében

azokra a területekre kell összpontosítani az erőforrásokat, ahol kisebb kezdeti befektetés mellett is jelentős javulás prognosztizálható, és/vagy ahol a legrövidebb a megtérülési idő.

A Magyar Honvédség már hosszú ideje a költségvetésének csupán kevesebb, mint 1 ezrelékét fordítja haditechnikai kutatás-fejlesztésre. Ez mind a nemzetközi összevetésben, mind a nemzetgazdaság más területeivel összehasonlítva megdöbbentően alacsony összeg, így nem várható, hogy saját fejlesztés eredményezze áttörést az energiahatékonyság területén. Ennek fényében a belátható jövőben csak a már létező, beszerezhető technológiák alkalmazása elképzelhető. Akár oly módon is, hogy a szükséges, folyamatban lévő beszerzések során kap az eddigieknél több figyelmet az energiahatékonyság, vagy kedvező megtérülési idő esetén akár az is elképzelhető, hogy kimondottan az energiahatékonyság javítása érdekében induljanak célprogramok.

Alighanem a járművek esetében a legszűkebb a Magyar Honvédség mozgástere. A világ vezető járműgyárai csillagászati összegeket fordítanak az alkalmazott hajtás-láncok fajlagos fogyasztásának mérséklésére, de a hagyományos hőerőgépek (dugattyús motorok, gázturbinák) termikus hatásfoka sok esetben közel jár a technológia elméleti maximumához (Szabó Gábor – Péter Szabó István 2003, 28–29.). Minimális hatásfok javulás is csak hosszadalmas fejlesztések és hatalmas költségek árán érhető el, az egyre drágább szerkezet pedig egyre bonyolultabbá is válik, ami növeli a meghibásodás valószínűségét. A gyakorlati hatásfok a veszteség hő hasznosításával elméletben még tovább növelhető, ám ez ugyancsak jelentősen növeli a bonyolultságot és a költségeket. Mivel a megbízhatóság a katonai eszközöknél egy hagyományosan igen komolyan vett paraméter, a beszerzések követelményrendszere a gazdaságosság okán nem teszi lehetővé a nem kellően robusztus technológiák térnyerését.

A harcjárművek a konvencionális gépjárművekhez képest igen komplex fegyverrendszerek. Ezek tervezett élettartama az ugyancsak tervezett korszerűsítésekkel eléri vagy akár meg is haladja az ötven évet, vagyis az üzemanyag a teljes életciklus költségen belül jelentősebb tételt jelent. Ennek megfelelően világszerte komoly kutatások zajlanak a hibrid, illetve tisztán villamos hajtáslánc alkalmazására. Mivel a villanymotorok hatásfoka akár kétszeresére is jobb lehet, mint a legkorszerűbb dízelmotoroké, mindemellett csendesebbek és egyszerűbbek (azaz megbízhatóbbak) is azoknál, fényes jövő várhat rájuk. Ugyanakkor az akkumulátorok fajlagos energiasűrűsége, azaz térfogat vagy tömeg arányában tárolt energia mennyisége még messze elmarad a fosszilis üzemanyagokhoz képest (Véghvári Zsolt 2016/2, 95.), ami jelenleg korlátozott hatótávolságot, újratöltési nehézségeket eredményez. A jelenlegi tendenciák alapján nem prognosztizálható áttörés az akkumulátortechnológiában, így a részben vagy egészben villamos hajtáslánc a katonai járművek esetében várhatóan csak igen lassan nyer teret.

A fentiekből világosan kitűnik, hogy az energia hatékonyabb felhasználására leginkább az infrastrukturális területen van lehetőség. Ezt a tényt persze már jóval korábban felismerték és például a katonai objektumok energetikai viszonyait 2008-tól külön kutatócsoport vizsgálja a Nemzeti Közzolgálati Egyetemen (Padányi József, 2013, 31.), bár elsősorban nem gazdasági szempontból, hanem azok működtetésének éghajlatváltozásra gyakorolt hatásai miatt. Szintén éghajlatvédelmi okok

indították útjára a Zöld Laktanya Programot, amely a fotovillamos energiatermeléstől kezdve az épületgépészet korszerűsítéséig sok területet fellelt (Kovács Ferenc 2013, 69.). A tervezett beruházások közül végül egy sem valósult meg a program részeként, de egyes tartalmi elemei fellelhetőek a Magyar Honvédség jelenlegi ingatlangazdálkodási tevékenységében.

A villamos energiát az esetek túlnyomó részében motorok hajtására, számítástechnikai és telekommunikációs eszközök üzemeltetésére, klimatizálásra, illetve világításra használjuk. A villanymotorok hatásfoka elérheti a 96%-ot is, míg a villamos fűtőszálaké lényegében 100%, így az ilyen jellegű eszközöknél az energia még hatékonyabb felhasználásról nem beszélhetünk. A félvezető rendszerek és klíma-, illetve egyéb hűtőberendezések hatásfoka már jóval rosszabb, de a jelenlegi technológiai szinten nem növelhető számottevően, ugyanakkor a világítás terén még vannak lehetőségeink.

Ismert, hogy a hagyományos izzók és a gázkisüléses világítóeszközök<sup>35</sup> a betáplált villamos energia nagyobb részét hővé alakítják, és csupán néhány százalékát fényvé. Ezekkel az ún. hőmérsékleti sugárzókkal szemben pusztán félvezető-fizikai elvek alapján működnek a fénykibocsátó diódák, azaz a LED<sup>36</sup>-ek. A világítástechnikában általánosan használt paraméter az ún. fényhasznosítás azt adja meg, hogy 1 W villamos energiából hány lumenes fényáramot képes előállítani az adott eszköz. Ez az érték a hagyományos izzóknál 5–15 lm/W, a gázkisüléses eszközöknél 40–60 lm/W, a LED-eknél napjainkban pedig már több mint 100 lm/W,<sup>37</sup> de gyakorlatilag még messze nem érte el a technológia maximumát és évről-évre folyamatosan javul. Az alábbi táblázat és grafikon (Végyvári Zsolt 2015/1, 191–192.) ennek alapján végez egy rövid számvetést az ún. retrofit<sup>38</sup> LED-es világításra való áttéréssel kapcsolatban.

Fényforrás típusa	Villamos teljesítmény (w)	Fényáram (lm)	Élettartam (óra)	Ár (Ft/db)	1000 órás (kb. 1 éves) energia	
					Mennyisége (kwh)	Ára (Ft)
Hagyományos izzó	75	840	1 000	150	75	1 612,5
Halogén izzó	63	820	2 000	300	53	1 139,5
Kompakt fénycső	15	800	6 000	1 300	15	322,5
Led	8	850	50 000	2 000	8	172

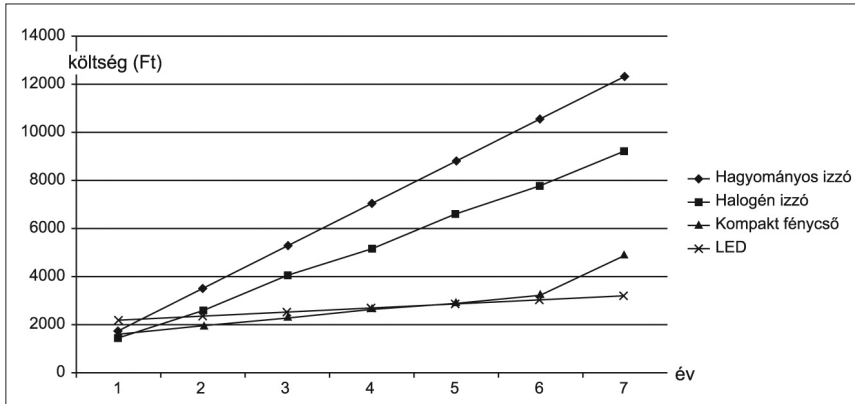
35 A köznyelvben csak „neon”-nak nevezett csövek valójában alacsony nyomású higanygőzzel működő gázkisüléses lámpák, a „kompakt égők” pedig ezeknek a miniaturizált és működtető elektronikával egybeépített változatai.

36 Light Emitting Diode.

37 Kísérleti eszközökkel már 400-as értéket is produkáltak, bár ez lényegében másodpercek alatt tönkretette az eszközt.

38 Hagyományos foglalatba illeszthető.





Látható, hogy a hagyományos foglalatba illesztett LED még a legkedvezőtlenebb számítások szerint is legkésőbb öt éven belül,<sup>39</sup> optimális esetben egy-két éven belül behozza a bekerülési költségét. A retrofit LED ugyanakkor messze nem a legjobb megoldás, hiszen a régi lámpatestek a hagyományos izzók geometriájához és hőelvezetési igényéhez voltak méretezve. Drágábbak, de jobb megvilágítást adnak, és hosszabb várható élettartamúak a komplett LED-es lámpatestek, ám ezek viszonylag rövid idő alatt történő megtérülése is vitathatatlan.

Az új épületek világítását napjainkban többségükben már LED-es eszközökre tervezik és ugyanez lényegében igaz a tábori világítási rendszerek esetében is,<sup>40</sup> de a régebbi épületekben túlnyomórészt még hagyományos eszközök vannak felszerelve. A villamos energiaköltségek szempontjából látványos változást hozna, ha legalább a legkorszerűtlenebb hagyományos izzós világítóberendezések cseréje megvalósulhatna. Ennek egyszeri költsége nyilvánvalóan a százmillió forintos nagyságrendbe esik, de egy néhány milliós induló forrással esetleg újtára lehetne indítani egy olyan csereprogramot, amely a továbbiakban (mivel a megtérülési idő mindössze 1–2 év) az előző évi megtakarításokból finanszírozná önmagát. Ehhez persze biztosítani kellene még az egyes épületek fogyasztásának mérését és dokumentálását is.

Villamos energiaköltségek szempontjából rendkívül előremutató a saját tulajdonú<sup>41</sup> kis napelemes rendszerek üzemeltetése. Az ilyen rendszerekben rejlő makroszintű lehetőségeket a kormányzat is felismerte és pályázati források biztosításával segíti azok terjedését, amit a honvédelmi tárca szakemberei is megláttak, és – mivel a pályázati rendszer nem zárja ki a védelmi szférát – ki is használták. A napelemes rendszerek manapság még saját erős finanszírozás mellett is hamar megtérülnek, de pályázati források bevonása mellett ez nyilvánvalóan még sokkal gyorsabb. A honvédelmi

39 2012-es adatok alapján.

40 A LED valójában mechanikusan is sokkal ellenállóbb, mint a többi technológia, így ideális a tábori alkalmazásra.

41 Csak a rend kedvéért említjük, hogy a HM tárca csupán kezelője az állami tulajdonú vagyonnak, így a helyes kifejezés tulajdonképpen „állami vagyon” lenne, de ez nem hangsúlyozná kellőképpen a tárca tevékenységét.

tárca jelen helyzetében mindenképpen üdvözlendő és támogatandó további szolár-rendszerek folyamatos üzembe helyezése, különösen amennyiben a pályázati lehetőségek továbbra is nyitottak maradnak.

Forintban kifejezve nem a legnagyobb tétel, de nominális energiamennyiségben messze a legjelentősebb, az elsősorban fűtési célú földgáz-felhasználás. Mivel a tárca kezelésében álló épületek túlnyomó része hőszigetelés nélküli, elavult épületgépszettel és korszerűtlen nyílászárókkal rendelkezik, minden bizonnyal komoly megtakarítás lenne elérhető ezek felújításával. Ezt a kérdést azonban lényegesen óvatosabban kell kezelni, mint a világítás korszerűsítését, ugyanis technikailag jóval bonyolultabb feladatról van szó, és a megvalósítás is nagyságrendileg nagyobb összeget igényel.

Az új építésű épületek már csak kondenzációs kazánnal<sup>42</sup> szerelhetők és mind a falak, tetők, stb. mind a nyílászárók vonatkozásában meg kell felelniük az egyre szigorodó hőátbocsátási normáknak.<sup>43</sup> A régebbi építésű épületek esetében a jelentős fűtési veszteség okai lehetnek a korszerűtlen fűtőmű, a hozzá tartozó fűtési rendszer veszteségei, a homlokzati-, földem-, padozat- és tető hőszigetelés hiánya valamint a nyílászárók veszteségei, de ezeket csak komplex egységként érdemes vizsgálni. Egy kondenzációs kazán akár 20%-al is nagyobb hatásfokkal üzemelhet, mint egy hagyományos, ugyanakkor mivel ez a technológia alapvetően alacsony felületi hőmérsékletű fűtési módokhoz (például padlófűtés) lett kifejlesztve, régi radiátoros fűtés mellett radikálisan csökken a hatásfoka, amennyiben pedig az épület nincs hőszigetelve, akár teljesen hatástalan maradhat az egyébként is igen drága, és legjobb esetben is csak 6–8 év megtérülési idővel kecsegtető beruházás.

Amennyiben a fűtőmű és a kapcsolódó fűtészálózat nem teljesen használhatatlan, az épület hőszigetelése önmagában is jelentékeny mértékben tudja csökkenteni a fűtési energia mennyiségét. Az utólagos homlokzati hőszigetelés az alkalmazott anyagtól és technológiától függően 5–7000 Ft/m<sup>2</sup> ártól már elérhető (Kruchina Sándor 2015), de a védelmi szférában is jellemző többszintes épületeknél az állványzat még súlyos pluszköltséget jelent és nem szabad megfelekedezni a nyílászárók cseréjéről sem, amelyeknek darabja több tíz-, vagy százezer forintba kerül. Elvileg itt is elképzelhető egy többé-kevésbé önfinanszírozó korszerűsítési program, de itt sokkal körültekintőbb tervezésre van szükség, mivel itt a bekerülési költség több nagyságrenddel meghaladhatja a világítás korszerűsítését, és a megtérülési idő is lényegesen nagyobb.

A tábori elhelyezés tekintetében viszonylag kevés mód kínálkozik az energiahatékonyság javítására, aminek csak részben oka, hogy ez nem priorizált követelmény az alkalmazott eszközök tekintetében. A tábori világítás korszerűsítése LED-es rendszerekkel mindenképp megemlítendő, mivel ez a technológia nem csak az energia-költségeket csökkenti, de robusztussága, hosszabb élettartama stb. (Végvári Zsolt 2015/1, 186.), okán egyébként is alkalmasabbnak tűnik terepi körülmények közti

42 Olyan kazán, amely az égésgázok hőjét is hasznosítja.

43 A hőátbocsátási tényező mértékegysége W/m<sup>2</sup>K, amely megmutatja, hogy egységnyi hőmérsékletkülönbség hatására, egységnyi felületű szerkezeten, mekkora hőmennyiség halad át.

használatra, mint a hagyományos izzók. A többi jellemző tábori fogyasztó energiaigényének számottevő csökkentésére technológiai akadályok miatt jelenleg nincs lehetőség.

A termelés oldalról közelítve elvben javítható az alkalmazott aggregátorok hatásfokának javítása, ám magának a dízelmotornak a termikus hatásfokán – a gépjárműveknél leírtaknak megfelelően – jobbra csak a gyártók tudnának javítani, míg a veszteség hő hasznosítása kiegészítő berendezésekkel,<sup>44</sup> az alkalmazható technikák alacsony hatásfoka miatt nem tűnik elég hatékonynak. Létezik egy eljárás, ami valóban képes mérsékelni az aggregátorok fogyasztását, ám az ilyen berendezések még csak prototípusként léteznek, egyik egyetlen NATO-tagállam sem rendszeresített ilyet, csupán a NATO ENSEC COE és az EDA üzemeltet egyet-egyét elsősorban tanulmányozás céljából.

A hagyományos aggregátoros hálózatok egyik nagy hátránya, hogy magának a generátort hajtó dízelmotornak a hatásfoka csak egy nagyon szűk tartományban, optimális terhelésnél éri el az elvileg lehetséges 40% körüli értéket. Alacsony terhelésnél ez az érték radikálisan csökken, sőt pusztán az ellátás folytonosságának fenntartása érdekében a motor zéró terhelésnél is jár. Ezzel szemben az ún. smart grid-eknél az aggregátor nem közvetlenül a hálózatra dolgozik, hanem egy akkumulátorcsoportot tölt. Ez azt eredményezi, hogy az akkumulátorok kapacitásának függvényében a hálózat hosszú ideig működhet az aggregátor beindítása nélkül. Ha az akkumulátorok kapacitása egy adott szint alá csökken, akkor beindul az aggregátor és elkezdi tölteni azt, de ekkor optimális terheléssel működik. Ez nem csupán a dízelmotor élettartamának és karbantartási igényének szempontjából kedvező, de akár 40%-al mérsékelheti a hajtóanyag felhasználást.<sup>45</sup> Az akkumulátorok töltésére a rendszer egyszerűen kiegészíthető napelemekkel vagy szélgenerátorral is, ami tovább mérsékli a villamos energia előállításának költségeit (Végyvári Zsolt 2016/1, 52.). Az ilyen ún. hibrid áramellátó rendszerek nagy hátránya a mobilitást csökkentő megnövekedett méret és tömeg, illetve a rendszer drágasága. Az egyik gyártó három éves megtérüléssel számol, ám ezt folyamatos üzem és 3 eurós literenkénti üzemanyagár mellett teszi (Pfisterer).

Magyarországon minden állandó katonai objektum rendelkezik áramszolgáltatói villamos hálózati csatlakozással, az esetleges évi egy-két kitelepülés mellett pedig nem lehet belátható időn belüli megtérüléssel számolni, így a jelenlegi árak mellett ezeknek a smart és/vagy hibrid eszközöknek még nincs létjogosultságok a területvédelem eszköztárában. Ugyanakkor műveleti (missziós) területen, ahol nincs vagy megbízhatatlan a villamos hálózati infrastruktúra és fontos szempont a műveleti biztonság is, számíthatunk a közeli jövőben ilyen rendszerek megjelenésére.

---

44 Peltier-elem, Stirling-motor (Végyvári Zsolt 2016/2, 63.)

45 A CL15 gyakorlat tapasztalatai alapján.

## Összegzés

Megállapítható, hogy védelemgazdasági szempontból az energiahatékonyság javítása célszerű és hatékony eszköz lehet a védelmi költségek mérséklésére. Az energia hatékonyabb felhasználása a védelmi szférán belül is ugyanolyan környezetbarát módja, a költségek csökkentésének, mint az élet bármely más területén, és nem elhanyagolható ennek a szemléletnek a pozitív társadalmi megítélése sem. Az energiahatékonyság javítására megfelelő körültekintéssel tett lépések nem csupán szemfényvesztés, hanem valós eszköz a fenntartható fejlődés, szűkebb értelmezésben a fenntartható védelmi potenciál érdekében végzett tevékenység során (Guy Turchany – Turcsányi Károly 2012, 39.).

Igen komoly, több százmillió forintos védelemgazdasági potenciál van az infrastrukturális energiahatékonysági beruházásokban. Ezen a területen vannak olyan példaértékű kezdeményezések is, mint amilyen a napelemes rendszerek telepítése a Magyar Honvédség objektumaiban, de sajnos az esetek jelentős részében a döntések előkészítése a holisztikát teljesen mellőző (Guy Turchany – Turcsányi Károly 2012, 47.) módon zajlik, és filléres látszat-megtakarítások okán már a tervezés pillanatában évtizede elavult technológiákat szerez be a Magyar Honvédség. Itt hosszasan lehetne írni a közszféra és azon belül is a Magyar Honvédség beszerzési gyakorlatának visszasságairól, ám ez nem jelen cikk témája. Amennyiben tetten érhető a beszerzési eljárásokban az a gondolkodás, ami a kellő körültekintéssel végzett, és a hatásokat fel nem mérő előkészítést, „egyszerűségként” állítja be, akkor az globális probléma és nem az infrastrukturális vagy az energetikát érintő beszerzések sajátja.

Középszinten viszonylag egyszerűen lehetne integrálni az energiagazdálkodást a katonai szervezetek tevékenységi rendszerébe, hiszen a meglévő környezetvédelmi tisztek munkakörébe minimális képzés után be lehetne emelni az energiahatékonyság növelése érdekében végzett munkát is, amely egyébként is összefügg a környezet védelmével. Ez a lépés (amennyiben létezne a hozná kapcsolódó adatgyűjtés és rendszerezés) minden bizonnyal mérhető pozitív változásokat hozna a katonai gazdálkodó szervezetek életében, ám az igazán komoly problémára, vagyis az energetikai kérdések tárcaszintű gazdáltságára nem adna választ.

Az a tény, hogy az energetika, illetve az energiahatékonyság szempontjai nem érvényesülnek a beszerzések során, véleményünk szerint két fő okra vezethető vissza. Egyrészt az emberek gondolkodásmódjába még nem épült be kellően ez a fogalom. Természetesen megvannak rá a módok, hogy a felismert hiányosságok esetén, a spontán módon lassan változó közgondolkodást központi intézkedésekkel tereljük a megfelelő mederbe, ezért a különösen nagy problémát a második ok okozza, mégpedig az, hogy a vezetés a jelek szerint még nem ismerte fel ennek a területnek a fontosságát.

Ahogy azt korábban bemutattuk, az energetikának a nemzetközi katonai fórumokon már jelentős és növekvő szerepe van. A Magyar Honvédség és a Honvédelmi Minisztérium szakállománya részt vesz ezeken a fórumokon, illetve saját tapasztalataik alapján is sokan próbálnak kezdeményezni az energiahatékonyság növelése érdekében, ám ezek az erőfeszítések csak akkor hozhatnak majd jelentős eredményeket, ha megtörténik az erőforrások megfelelő koordinációja. Márpedig a Magyar

Honvédségnek, illetve a honvédelmi tárčanak jelen pillanatban nincsen energiapolitikája, illetve az intézményrendszerében sincs olyan szervezet, amelyik deklaráltan gondozná az energetika, azon belül is kiemelten az energiahatékonyság és az energiabiztonság kérdését.<sup>46</sup> Ez azt eredményezi, hogy a területen középszinten végzett, egyébként megfelelő színvonalú szaktevékenység, illetve az egyéni kezdeményezések nem kapnak támogatást, a bevont erőforrások elaprózódnak, azok felhasználása messze nem optimális. A lokális eredmények makroszinten nem hoznak sikert, mert nincs meg közöttük az összhang. Véleményünk szerint hosszabb távon elkerülhetetlen az energia hatékonyabb felhasználását célzó átfogó tárcaszintű programok elindítása, de ehhez első lépésként le kell fektetni a tevékenységet meghatározó alapelveket és meg kell teremteni a hatékony végrehajtáshoz szükséges intézményrendszert.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- Key Words Energy Statistics. International Energy Agency, Párizs, 2016
- Bryce, Robert: Gas pains. The Atlantic, Washington, 2005
- Ványa László: Irányított energiájú fegyverek. NKE jegyzet, Budapest, 2013
- Király László – Medveczky Mihály: Védelemgazdasági ismeretek. Budapest, NKE, 2009
- George, William: DoD Reducing Energy Consumption: Why This is a GREAT Thing. American Security Project, Feb 12, 2015, <http://www.americansecurityproject.org/department-of-defense-reducing-energy-consumption-why-this-is-a-great-thing/> (A letöltés ideje: 2017. 03. 25)
- A NATO hivatalos honlapja. <http://www.nato.int/cps/en/natohq/> (A letöltés ideje: 2017. 01. 07.)
- A NATO ENSEC COE hivatalos honlapja. <https://enseccoe.org/en> (A letöltés ideje: 2017. 01. 07.)
- CL15 Final Evaluation Report. MLCC, Praha, 2016
- Az EDA hivatalos honlapja. <https://www.eda.europa.eu> (A letöltés ideje: 2017. 01. 07.)
- EU Energy in Figures – Statistical Pocketbook 2016, Brüsszel, 2016
- CIA – The World Factbook. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/hu.html> (A letöltés ideje: 2017. 04. 26.)
- Magyar Távirati Iroda archívuma. [www.mti.hu](http://www.mti.hu) (A letöltés ideje: 2017. 04. 26.)
- Bennett, Jody Ray: US Military to Cut Oil Consumption. Geopolitical Monitor, 2011, <https://www.geopoliticalmonitor.com/us-military-to-cut-oil-consumption-4292/> (A letöltés ideje: 2017. 04. 20.)
- [www.mavir.hu](http://www.mavir.hu) (a honlap "adatpublikáció" oldalán 15 perces frissítési idővel online nyomon követhető a teljes hazai villamos rendszer)
- Tavaly is nőtt Magyarország földgázfelhasználása. Energiainfo, 2016, [http://www.energiainfo.hu/tavaly\\_is\\_nott\\_magyarorszag\\_foldgazfelhasznalasa-34318/](http://www.energiainfo.hu/tavaly_is_nott_magyarorszag_foldgazfelhasznalasa-34318/) (A letöltés ideje: 2017. 07. 05.)
- Több villamos energiát fogyasztottunk a nagy hideg miatt. Energiainfo, 2016, <http://www.energiainfo.hu/tobb-villamos-energiat-fogyasztottunk-nagy-hideg-miatt/> (A letöltés ideje: 2017. 07. 05.)
- National Defense Budget Estimates for FY 2016. US DoD, Washington, 2015
- Szabó Gábor – Péter Szabó István: Alkalmazott hőtan. SZE jegyzet, Szeged, 2003
- Végvári Zsolt: Akkumulátorok a gyalogos katonák felszerelésében. Katonai Műszaki Közlöny, 2016/2.

46 A Honvédelmi Minisztérium Védelempolitikai Főosztályának Szervezeti és Működési Szabályzatában már megjelenik az „energiabiztonság”, ám a főosztály jellegéből fakadóan inkább politikai, semmint műszaki-gazdasági oldalról közelíti a kérdést.

Padányi József: National defence research on the effects of climate change.

Hadtudomány, XXIII. évfolyam, elektronikus különkiadás, 2013

Kovács Ferenc: The green barracks program.

Hadtudomány, XXIII. évfolyam, elektronikus különkiadás, 2013

Végvári Zsolt: A LED-ek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben. *Katonai Logisztika*, 2015/1.

Kruchina Sándor: Mennyi idő alatt térül meg az utólagos homlokzati hőszigetelés? *homeinfo.hu*, 2015, <http://www.homeinfo.hu/kivitelezes/epites/hoszigeteles/1084-utolagos-homlokzati-hoszigeteles-megterulese###> (A letöltés ideje: 2017. 07. 10.)

Végvári Zsolt: Harctéri villamosenergia-ellátás. *Katonai Logisztika*, 2016/2.

Végvári Zsolt: A megújuló villamos-energiaforrások felhasználásának lehetőségei harctéri körülmények között. *Hadmérnök*, 2016/1.

Pfisterer: CrossPower bemutató-anyag

Guy Turchany – Turcsányi Károly: A panem et circenes elve és hatása a fenntartható fejlődés holisztikus vizsgálatára. A fenntartható fejlődés holisztikus megközelítése. *Magyar Professzorok Nemzetközi Szövetsége*, Budapest, 2012