

A talajvizsgálatok szerepe és alkalmazási lehetőségei a katonai műveleti területen

Absztrakt

Mind a katasztrófavédelmi, mind a katonai műveletek sikerességét és környezeti kárait jelentősen befolyásolja a talaj mint a műveleti hatások következtében kárt szenvedő természeti elem. A környezeti változások egyre inkább ráterelik a figyelmet a környezettudatos tevékenységekre és a környezeti károk minimalizálásának szükségességére. A talaj állapota, nagymértékben kihat a katonai műveletek sikerére, s megfordítva: ezek során jelentős talajkárok is keletkezhetnek. A talaj jellemző adatainak felmérése ezért kiemelt fontosságú. A polgári célú talajvizsgálatok az elmúlt időszakban jelentős fejlődésen mentek keresztül, ami jó alapja lehet – a megfelelő változtatásokkal – a katonai területre való kiterjesztésnek.

Kulcsszavak: műveleti környezet, talajállékonyság, talajvizsgálati módszer mintavétel, katonai művelet

Role of Soil Tests and Possibilities of Application in the Military Operational Field

The success and environmental damage of both disaster management and military operations are significantly influenced by the soil as a natural element damaged by the effects of the operations. The effects of operations, as a result of continuous military technology, operational research, development and innovation are transforming drastically and with multiple consequences. Environmental change is increasingly focusing attention on environmentally conscious activities and the need to minimise environmental damage. Nor can a defence operation be an exception to the fulfilment of these basic social needs. The condition of the soil has a great influence on the success of the operations, while the operations can cause significant soil damage, so the scientific study of the topic is of great importance in these two areas. The assessment of soil-specific data is therefore of paramount importance. Civil soil surveys have shown significant progress in recent times. The correlations between Hungarian soil types and military operations, the steps and requirements of soil testing, with appropriate changes, provide a good opportunity to apply proven civilian methods in the military field.

Keywords: operational environment, soil stability, soil testing method sampling, military operation

Bevezetés

Mind a katonai, mind a védelmi szektorban alkalmazott művelettervezés és -végrehajtás során az egyik legfontosabb tényező a terep. A környezeti elemek közül a talajra hatnak a legmaradandóbban a katonai művelet végrehajtása során keletkező különféle környezeti

hatások. „A háborús időszak művelein kívül a haderők egyre nagyobb szerepkört kapnak képességeik alapján egyes békeidőszaki feladatokban, mint a katasztrófák elleni védekezés és a humanitárius segítségnyújtás határokon belül és kívül egyaránt.”¹ A környezet átalakításának, értékei kihasználásának és megóvásának kettőssége nagy kihívás a társadalom számára.² Nemcsak a harc megvívása, de a művelési térség rehabilitációja is gyors és pontos információkat igényel a talaj állapotáról. A civil területen már több korszerű megoldás is megjelent. A tervezés (mint kiinduló lépés) során jellemzően megnőtt az információigény, és megnövekedett a talajról szóló információk korszerű feldolgozása és továbbítása iránti elvárás. Felmerül a kérdés, hogy a korszerű polgári talajvizsgálati eljárások, eszközök a katonai művelési döntéstámogatás területén is használhatók-e. Történelmi példákkal igazolható, hogy ha a talaj állapotát nem veszik kellően figyelembe, akkor az komoly következményekkel jár. Például a muhi csata elvesztésében nagy szerepe volt a Sajó folyó vízrajzi viszonyainak is, amit a legújabb régészeti kutatások is igazolnak.³ De az 1941–42-es Taifun hadművelet kudarcának okai is részben a kedvezőtlen orosz – őszi és téli – talajviszonyokban keresendők. A szovjet kormány ereje, az orosz nép elszántsága, a mérhetetlen emberanyag és az ország hatalmas kiterjedése mellett ez is hozzájárult Hitler bukásához.⁴

További feltételezés, hogy a vizsgálat során megismert talajvizsgálati eljárásokból kidolgozható módszer segítségével pontosabb lehet a művelési és környezetvédelmi helyzet meghatározása is. Az adatokból levonható következtetések elősegíthetik a műveletek végrehajtása során a környezet megóvását, a károk minimalizálásával. A talajadatok elemzése, megosztása, használata lehetőséget biztosít különböző ökológiai modellek felállítására. „Az ökológiai modellek átfogó alkalmazása az összetett hadviselési hatások ökoszisztémaszintű integrálásába szintén nagy jelentőséggel rendelkezik.”⁵ A kutatás során megvizsgáltam a különféle célú polgári talajvizsgálatok helyzetét, elemeztem a katonai művelési szempontból való használhatóságukat.

¹ Földi László – Padányi József: Környezetbiztonsági kihívások a haderők számára. In Göcze István (szerk.): *Az egyházak és a katonai erők előtt álló kihívások, az együttműködés lehetőségei*. Budapest, MEÖT–NKE, 2021. 45.

² Hornyacsok Júlia – Leskó György: A védelmi szektorban közreműködő önkéntes szervezetek beszerzési logisztikájának vizsgálata a környezettudatosság szemszögéből. *Katonai Logisztika*, (2021), 1–2. 129.

³ Laszlovszky József – Stephen Pow – Pusztai Tamás: A muhi csata és az 1241-es tatárjárás. Új régészeti és történeti megközelítések. *Magyar Régészet*, (2016), 4. 27–36.

⁴ Winston S. Churchill: *A második világháború I–II*. Budapest, Európa, 1989.

⁵ László Földi – József Padányi: Environmental Responsibilities of the Military Soldiers Have to Be “Greener Berets”. *Economics and Management*, (2014), 2. 52.

A hazai jellemző talajok és a műveletek következtében keletkező lehetséges talajváltozások és -sérülések

A védelmi szektor polgári és katonai műveletei sok esetben jelentős beavatkozást jelentenek a környezeti elemek állapotába, így a talajt is érintik. A műveleti tervezésnek ismernie kell mind a hatásgyakorló, mind hatásokat elszenvedő tényezőket, így a talajtípusokat, azok jellemzőit és várható behatásokat is. A műveletek végrehajtása során mindig aktuális képet kell biztosítani a döntéshozók számára mind a természetes (táj), mind az épített terület állapotáról. „A talaj Magyarország egyik legfontosabb, feltételeken megújuló természeti erőforrása, melynek védelme, termékenységének fenntartása nem csupán a földhasználó, hanem a társadalom hosszú távú érdeke”⁶ – állapítja meg a Nemzeti Környezetvédelmi Program. Minden védelmi erő tevékenységének alapja a döntéshozókra épülő műveleti tervezés. Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy ennek egyik fontos területe a hazai jellemző talajfajták ismerete.

A magyarországi talajfajták

A földtan, geomorfológia⁷ ismerete, használata mindig is meghatározta műveletek sikerét. A katonai és a környezeti szaknyelvek más-más kifejezéseket használnak rá (táj, épített környezet, csatatér, terep, városi harc, műveleti terület), de ugyanarra utalnak. A talajról szóló információk fontosak mind a művelettervezési, mind környezetmegóvási szempontból. A korszerű műveleti tervezés és vezetés hatékony végrehajtásának egyik kritikus pontjai a talajadatok. A hadművészet az ősidők óta megköveteli a talaj ismeretét. Ismernünk kell a terepadottságokat ahhoz, hogy a legmegfelelőbb megoldásokat találjuk meg a harc megvívására. A jelenlegi felderítési, adatgyűjtési, adatfeldolgozási és megosztási módszertan és adatértelmezés nem mindig tudja kielégíteni a műveleti tervezésben a célorientált, precíziós igényeket.

A jelenlegi eljárásmódok csak tranzienst⁸ állapotfelvételek egy-két talajjellemzőről. Felmerül a kérdés, hogy milyen információgyűjtési és kezelési eljárásmódok alkalmazásával értelmezhetők és tervezhetők a talajváltozások. A talajtulajdonságok integráltan és térbeli összefüggésben való értelmezése fontos eszköz lehet a döntéshozók számára. A földfelszínen található természetes és mesterséges objektumok alapja a talaj, tehát mindenki, aki a műveletben részt vesz, közvetlenül vagy közvetetten kölcsönhatásban van vagy kerül vele. A talaj nemcsak a katonai műveletek szempontjából fontos tényező,

⁶ Nemzeti Környezetvédelmi Program 2015–2020. *Magyar Közlöny*, (2015), 83. 7734.

⁷ Geomorfológia (felszínalaktan): a természetföldrajz egyik tudományága, amely a domborzati formák keletkezésével és változásával foglalkozik. Lóczy Dénes: Geomorfológia. In Konrád Gyula (szerk.): *Környezettan. Földtudományi alapismeretek*. Pécs, Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, 2011. 18. fejezet.

⁸ Tranziens: átmeneti.

hanem egyben a természeti környezet alapvető része is, amely az anyagok biológiai körforgását biztosítja. A Föld legkülső szilárd burka, a pedoszféra a talajképződés által érintett földkéreg kölcsönhatása a litoszférával,⁹ a bioszférával¹⁰ és az atmoszférával jelenti az élet alapját biztosító, folyton megújuló körforgást, amelynek megőrzése a hadviselő felek közös érdeke. Fontosságát mutatja, hogy külön tudományág, a talajtan¹¹ foglalkozik vizsgálatával. A katonai vagy védelmi műveletek, rendkívüli események bárhol előfordulhatnak hazánk területén, de a határ menti területek értelemszerűen kitettebbek a veszélynek.

A talajvizsgálatnál figyelembe kell venni a talaj típusát, tulajdonságait. A szakirodalom szerint a talajt jellemző – és művelési szempontból befolyást gyakorló – tulajdonságok három csoportra oszthatók: fizikai, kémiai, biológiai tulajdonságokra. A katonai műveletek mindhárom tényezőre erős hatást gyakorolnak, de művelési szempontból elsősorban a harctér fizikai talajviszonyai jelentenek fontos adatot. A talajok rendszerezése, megismerése, katonai művelésre való hatástulajdonságaik számbavétele kiemelt fontosságú. Ennek alapja a talajosztályozási rendszer ismerete. A rendszerezés, osztályzás alapja a talajvizsgálatra épülő műveléti hatás-elemzésnek. A talajviszonyok több szempontú osztályzása ismert. Az egyik, főleg környezetvédelmi szempontból fontos talajosztályozási rendszer a természettudományi alapokon nyugvó genetikai és talajföldrajzi osztályzás. A másik a geotechnikai¹² alapú osztályzás, ami a művelési szempontú vizsgálatnál jelent fontos információt, segíti a talajra ható művelési tényezők feltárását, másrészt fontos információt jelent a terepen való mozgás és építés (állás, fedezék stb.) végrehajtásához.

Genetikai és talajföldrajzi osztályzás

Ez az osztályozástípus azért genetikai, mert a talajokat fejlődésükben vizsgálja, és a fejlődés egyes szakaszai, a típusok alkotják az osztályozás egységeit. Azért talajföldrajzi, mert a földrajzi törvényszerűségeket szem előtt tartva egyesíti a típusokat a főtípusok-

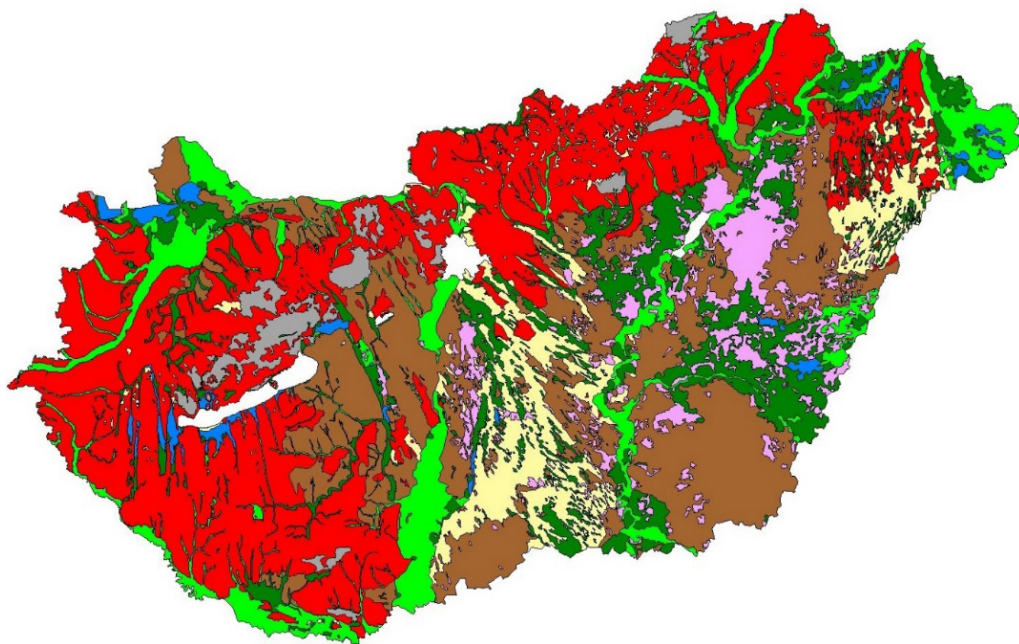
⁹ A litoszféra a Föld külső, a kéregből és a felső földképeny merev szilárd részéből álló kőzetburok. Debreceni Katalin (szerk.): *Vasúti környezetvédelmi lexikon. A-tól Z-ig*. Budapest, MÁV, 2006. 236.

¹⁰ A bioszféra az élet elterjedésének tere a Föld felületén, ökoszisztémák összessége. Debreceni (2006): i. m. 47.

¹¹ A talajtan a talajok összetételével, szerkezetével, képződésével és átalakulásával foglalkozó tudományág. Debreceni (2006): i. m. 340.

¹² „A geotechnika azon tudományok és módszerek összessége, melyek az építmények és/vagy az építési tevékenységek, illetve a talajkörnyezet közötti kölcsönhatások elemzésével, ezek, illetve az ezekből eredő problémák értékelésével és megoldásával foglalkozik. Kiterjed az ezekhez szükséges talajvizsgálatokra, a szükséges kölcsönhatásokat biztosító, illetve az új építményt és/vagy a természeti, valamint az épített környezetet e kölcsönhatásokkal veszélyeztető jelenségekkel szemben alkalmazandó megoldások és szerkezetek tervezésére, kivitelezésére, műszaki felügyeletére, megfigyelésére és fenntartására.” Faur Krisztina Beáta – Szabó Imre: *Geotechnika*. Miskolc, Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, 2011. 3.

ban. A talaj minden tulajdonsága a talajfejlődés eredménye, legyen az fizikai, kémiai vagy biológiai jellegű, ezért mindezek összessége jellemzi és határozza meg a talaj típusát, valamint osztályozási egységeit. A talajosztályozás különböző szinteket határoz meg: főtipusok, típusok, altípusok. A helyi változatokba és talajcsoportokba rendszerezett információ jó alapot biztosít a művelési tér talajának környezeti károsodása felmérésére és az ellene való védekezés meghatározására. A hazai genetikai és talajföldrajzi osztályozás és katonai műveletek összefüggéseit az 1. táblázat foglalja össze.



1. ábra: Magyarország genetikai és talajföldrajzi térképe

Forrás: Dobos Endre szerkesztése a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, 2012. alapján.

Online: www.uni-miskolc.hu/~ecodobos/ktmcd1/terkep.htm

A táblázat feltárja a talaj és a műveletek közti kölcsönhatást. Összegezve megállapítható, hogy a hadszíntér talaja a művelési terület fontos tényezője. Egyrészt meghatározza a harctevékenység, a mozgás és a harci létesítés lehetőségeit, másrészt kárt szenved ezen tevékenységtől. A talaj állapotának vizsgálata, felmérése, elemzése, értékelése, feldolgozása és megosztása a katonai talajtan és talajvizsgálatok további fejlesztését igényli. A talajtípusok tükrében ismernünk kell a talaj tulajdonságait és szerkezeti elemeit is.

1. táblázat: A hazai genetikai és talajföldrajzi osztályzás és a katonai műveletek kapcsolatrendszerét összefoglaló táblázat

Talajtípusok		Hatásuk a katonai műveleti tevékenységre		
		Harci tevékenység	Mozgás a terepen	Műveleti létesítés
Váztalajok fő típus		Területi kiterjedés: 8,3%		
Típus	Altípus			
Köves, sziklás váztalaj		A kopár, sziklás, kavicsos harctér nehezzé teszi a rejtőzést, és növeli a tűzfegyverek hatását.	A terepjárás megnövelt terepjáróképességet igényel. Köves, sziklás talajon nehéz a mozgás, a homokos talajon elakadásveszély jelentkezik.	A váztalajokon minden építés megnövelt erőfeszítést és építőanyag-felhasználást jelent.
Kavicsos váztalaj				
Földes kopár	Karbonátos, nem karbonátos			
Futóhomok	Karbonátos, nem karbonátos, lepelhomok			
Humuszos ^{a)} homok	Karbonátos, nem karbonátos, kétrétegű			
Közethatású talajok fő típus		Területi kiterjedés: 2,8%		
Típus	Altípus			
Humuszkarbonát-talaj		A talajszerkezet miatt a sok szerves kolloid erős tartó- és vízmegtartó képességet és jó harctértulajdonságot ad a hegyes erdős területen. Hátrány a jelentős másodlagos szilánkhatas.	A mozgás általában könnyű a talajon, de az erdős, hegyes terep okozhat nehézségeket.	A katonai építés nehezebb a talajban lévő kövek miatt, de kevesebb építőanyagot igényel.
Rendzina ^{b)}				
Fekete nyirok ^{c)}				
Ranker ^{d)}				
Közép- és délkelet-európai barna erdőtalajok fő típus		Területi kiterjedés: 34,6%		
Típus	Altípus			
Karbonátmaradványos barna erdőtalaj		Az erdőtalaj biológiai, kémiai és fizikai hatások következtében lúgos, agyagos, savanyú és szintekre tagolt. A talaj miatti másodlagos tűzfegyverhatás kevésbé érvényesül.	Az erdőtalajokon nem a talaj állapota, hanem a vegetáció jelenti a mozgást akadályozó tényezőt.	A katonai létesítésnél figyelembe kell venni, hogy az alsó a talajképző kőzet eléréséig sok a lebomlatlan alomanyag.
Csernozjom ^{e)} barna erdőtalaj	Csernozjomjellegű barna erdőtalaj, típusos csernozjom barna erdőtalaj, erdőmaradványos csernozjom			
Barnaföld	Típusos visszameszeződött, mélyben kovárványos			
Agyagbemosódásos barna erdőtalaj	Gyengén podzolos ^{f)} típusos, mélyben kovárványos			
Podzolos barna erdőtalaj	Erősen podzolos közepesen podzolos, mélyben kovárványos			
Pangó vizes barna erdőtalaj	Podzolos agyagbemosódásos			
Savanyú barna erdőtalaj	Podzolos agyag, bemosódásos típusos humuszos			
Kovárványos ^{g)} barna erdőtalaj				
Savanyú barna erdőtalaj				

A talajvizsgálatok szerepe és alkalmazási lehetőségei a katonai művelési területen

Talajtípusok		Hatásuk a katonai művelési tevékenységre		
		Harci tevékenység	Mozgás a terepen	Művelési létesítés
Csernozjomtalajok fő típus		Területi kiterjedés: 22,4%		
Típus	Altípus			
Öntés csernozjom	Karbonátos, nem karbonátos	A fekete csernozjomtalajt füves növénytakaró és ritka fás csoportok és nagyrészt mezőgazdasági haszonnövénytermelés jellemzi. A fegyveres katonai tevékenység időjárásfüggő.	Ezen típusú talajon a katonai mozgás, hasonlóan a harci műveléséhez, rendkívül széles skálán mozog, a könnyen járhatótól a járhatatlanig.	A katonai létesítés a száraz talajon ideális is lehet, de ugyanezen a helyen csapadék esetén csak nagy nehézségekkel végezhető.
Kilúgozott csernozjom				
Mészlepedékes csernozjom	Típusos alföldi, mélyben sós			
Réti csernozjom	Karbonátos, nem karbonátos, mélyben sós			
Szikes talajok fő típus		Területi kiterjedés: 6%		
Típus	Altípus			
Szoloncsák ^{b)}	A sók minősége szerint	A szikes talajszelvényben nehéz a szinteket elkülöníteni, fizikai tulajdonságaik kedvezőtlenek, vízmegtartó képességük kevés, ezért jó művelési terület.	Mind a járművek, mind az alakzatok számára jól járható.	Létesítés közepesen nehéz.
Réti szolonyec ^{c)} talajok	Kérges, közepes			
Szoloncsák-szolonyec talajok	A sók minősége és mennyisége szerint			
Sztyeppesedő réti szolonyec talajok	Közepes, mély			
Másodlagos elszikesedett talajok	Elszikesedett csernozjom, elszikesedett réti, elszikesedett öntéstalaj			
Réti talajok fő típus		Területi kiterjedés: 13,1%		
Típus	Altípus			
Szoloncsákos réti talaj	Szulfátos, szódás	A réti talajok ezen típusai és altípusai száraz és szikes sztyeppeti tulajdonságai miatt hasonló katonai művelési tulajdonságokat mutatnak, mint a szikes talajok, eltérés csak a magasabb vegetációs képesség.		
Szolonyeces réti talaj	Szolonyeces, erősen szolonyeces			
Réti talaj	Karbonátos, nem karbonátos, mélyben sós, mélyben szolonyeces			
Öntés réti talaj	Karbonátos, nem karbonátos			
Lápos réti talaj	Típusos, szoloncsákos, szolonyeces			
Csernozjom réti talaj	Karbonátos, nem karbonátos, mélyben sós, mélyben szolonyeces, szolonyeces			
Láptalajok				
Típus	Altípus			
Mohaláptalaj	Tőzegláptalaj, kotus tőzegláptalaj,	A lápos talajok mind a harc megvívására, mind a mozgásra és a létesítésre erős akadályozó hatást gyakorolnak. Ebben a térségben csak ritkán tervezendő művelet. A műveletet tervezők olykor ezt a térséget meglepetés miatt választják, ilyen volt például a Bagratyion hadművelet a II. világháborúban.		
Rétláptalaj	tőzeges láptalaj, kotus láptalaj			
Lecsapolt és telkesített rétláptalaj				

Talajtípusok		Hatásuk a katonai műveleti tevékenységre		
		Harci tevékenység	Mozgás a terepen	Műveleti létesítés
Öntéstalajok		Területi kiterjedés: 11,2%		
Típus	Altípus			
Nyers öntéstalaj	Karbonátos, nem karbonátos, karbonátos, kétrétegű, nem karbonátos, kétrétegű	A rendszeres áradások okozta öntéstalajok környezetében általában a folyamátkeles-művelet valószínű. Bonyolult, sok információt igénylő tervezési feladat.	Az öntéstalajon való mozgás előkészítése sok és pontos aktuális talajinformációt igényel.	Az öntéstalajon, árterületen minden létesítés nehéz feladat, és általában az átkelés érdekében történik.
Humuszos öntéstalaj	Karbonátos, nem karbonátos, karbonátos kétrétegű, nem karbonátos, kétrétegű, réti öntés			
Lejtőhordalék-talaj	Csernozjomok, rendzinák, erdőtalajok lejtőhordaléka, vegyes üledékek	A lejtőhordalék minden művelet, mozgás és létesítés során okozhat nehézséget, ezért fontos a pontos és időszerű művelet-előkészítő anyag.		

Megjegyzés:

- Humusz (humus): sötét színű, amorf kolloidszerkezetű anyag, amelyet a talaj szerves összetevői alkotnak. Kiss János (szerk.): *Biológiai kislexikon*. Budapest, Typotex, 2007. 542.
- Rendzina: az anyakőzetten vékony réteget alkotó, könnyen degradálódó és lepusztuló, karbonátos talaj (ásvány).
- Fekete nyirok: a riolitból keletkezett, kötött képlékeny agyagtalaj népies elnevezése.
- Ranker: tömör, nem karbonátos, vulkáni kőzetek málladékan képződő talaj.
- Csernozjom: feketeföld (nálunk is elterjedt orosz kifejezéssel) a humuszanyagok felhalmozódása, a kedvező, morzsalékos szerkezet kialakulása, a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása a jellemző talaj.
- Podzolos: kilúgozott, alacsony humusztartalmú, általában savanyú, szürke erdőtalaj. Stefanovits Pál – Filep György – Füleky György: *Talajtan*. Budapest, Mezőgazda, 1999. 218–240.
- Kovárvány a homokban: a lefelé mozgó talajoldatokból kicsapódó anyagok egymás alatt különböző távolságban ismétlődő rétegei.
- Szolonszák: azok a szelvények, amelyeknek felső szintjeire a vízben oldható nátriumsók felhalmozódása a jellemző.
- Szolonyec: a vízben oldható nátriumsók maximuma a szelvény mélyebb részeire jellemző. Stefanovits–Filep–Füleky (1999): i. m. 252–255.

Forrás: Stefanovits–Filep–Füleky (1999): i. m. alapján a szerző szerkesztése

A talaj szerkezeti elemei és azok szerepe

A meteorológiai, légköri tényezők hatására létrejött, élő szervezeteket tartalmazó talaj a szilárd kéreg laza, mállási takarója vizet, levegőt és tápanyagot biztosít részt vevő létformáknak, ökoszisztémáknak. A harctevékenység, katonai mozgás és létesítés nagyrészt a fizikai tulajdonságokat érinti. A talaj mechanikai szerkezetének – és ennek mérési lehetőségei – ismerete szintén fontos eleme a katonai talajinformációs tevékenységnek. A talaj állandó összetevőinek, a különböző nagyságú szilárd talajrészecskék ismerete fontos információ. A talajt alkotó részecskék mechanikai összetétele meghatározó adat mind a műveleti tervezés, mind a katonai környezetvédelem számára. A talajt alkotó szilárd elemek nagysága, az eltérő nagyságú részek aránya meghatározója a talaj számos

tulajdonságának. Nagyságuk szerint a talajt alkotó részecskéket (az MSZ 14043-2 szabvány¹³ szerint) a következőképpen osztályozzuk.¹⁴

2. táblázat: Talajszemcseméretek

Szemcsecsoport	Szemcsefrakció	Szemcse jelölése	Szemcseméret (mm)
Nagyon durva	Kötőmb	LBo	> 630
	Görgeteg	Bo	> 200–630
	Macskakő	Co	> 63–200
Durva	Kavicsok	Gr	> 2,0–63
	Durva kavics	CGr	> 20–63
	Közepes kavics	MGr	> 6,3–20
	Apró kavics	FGr	> 2,0–6,3
	Homokok	Sa	> 0,063–2,0
	Durva homok	CSa	> 0,63–2,0
	Közepes homok	MSa	> 0,2–0,63
	Finom homok	FSa	> 0,063–0,2
Finom	Iszapok	Si	> 0,002–0,063
	Durva iszap	CSi	> 0,02–0,063
	Közepes iszap	MSi	> 0,0063–0,02
	Finom iszap	FSi	> 0,002–0,0063
	Agyag	CI	≤ 0,002

Forrás: az MSZ EN ISO 14688-2:2005 alapján a szerző szerkesztése

A talaj szemcsenagyság szerinti csoportosítására a szakirodalom az Atterberg¹⁵ által felállított egységes rendszert alkalmazza. A talajok paramétereken alapuló osztályozásának célja, hogy a vizsgált talajok alapvető tulajdonságait az osztályba sorolással feltérképezhessük, használva az összegyűlt korábbi információkat is.¹⁶

Műveletek következtében keletkező talajváltozások és -sérülések

A magyarországi talajviszonyokat jelentősen befolyásolja, hogy a legutóbbi időszakban a művelés, a klímaváltozás miatt megnőtt a belvíz- és árvíz-fenyegetettség. Az egyre kiszámíthatatlanabb formában jelentkező csapadék miatt gyorsan változnak a talajjellemzők. A talajjal kapcsolatos információk a talaj fizikai tulajdonságára és kémiai összetételére vezethetők vissza, és elsősorban a talaj szemcseösszetételének, szerkezetének, agyag- és ásványtartalmának és a vízgazdálkodás függvényei. A talajról szóló információk katonai szempontból elsősorban a harctevékenységre, az azzal járó mozgásra, a katonai műszaki munkákra vannak kihatással. A talajkárosítást előidéző tényezők három csoportba sorolhatók.

¹³ MSZ EN ISO 14688-2:2005. Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 2. rész. Osztályozási alapelvek.

¹⁴ Gudmonné Jenci Magdolna: *Talajtan*. Budapest, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, 2018. 8–10.

¹⁵ Albert Mauritz Atterberg svéd vegyész és agrártudós. Thomas Elliot Blackall: A. M. Atterberg 1846–1916. *Geotechnique*, 3. (1952), 1. 18.

¹⁶ A hazai talajosztályozási rendszer 2006-ban az új európai osztályozási szabványok alapján lépett életbe. Az előző magyar csoportosítás kiegészült a talaj szemcseösszetételére, a szemcse-víz kapcsolatra utaló adatokkal.

A harctevékenység következtében keletkező talajváltozások és sérülések

A katonai műveletek előkészítése, valamint végrehajtása során a folyamatos elemzésre és értékelésre épülő tevékenység „igényli” a környezet állapotáról szóló adatokat. A talaj természeti erők által alakított állapota és a műveletek talajra gyakorolt hatásmutatói fontos információk. Napjainkra a hatásokra épülő tervezés felértékelődése tapasztalható a katonai műveletek területén. Megjelent egy új fogalom, a hatásalapú katonai művelet, amit a NATO Katonai Bizottsága határozott meg. Ez nem más, mint „a rendelkezésre álló különböző eszközök koherens és átfogó alkalmazása, azon hatások kiváltása érdekében, amelyek nélkülözhetetlenek a tervezett feladatok végrehajtásához és célok eléréséhez”.¹⁷ Mivel a várható harctevékenységek fizikai hatásai nagyrészt a talajra fejtik ki hatásukat, a talaj tulajdonságaiban a műveleti hatás következtében elszenvedett változások fontos információt jelentenek a műveleti tervezés számára, de egyben a környezet védelme, értékeinek óvása érdekében is. A fegyveres műveletek talajra vonatkozó hatásait egyrészt a fegyverek romboló hatásai, másrészt az egyéb hatások, például a terepen való mozgás és katonai feladatok teljesítéséhez szükséges harctámogató tevékenység jelenti. A hadtudomány jelenlegi ismeretanyaga szerint bármely természetes és épített környezet lehet műveleti környezet, és bármelyik környezeti elem válhat környezeti hatás elszenvedőjévé. A rendkívül széles skálájú, talajra hatást gyakorló műveleti tényezőket következőképpen lehet rendszerezni:

- a műveletben részt vevők és műveleti területen tartózkodók személyéhez és egyéni felszereléséhez kötődő hatások (például karbonlábnyom);
- a műveletben alkalmazott hadianyag, hadfelszerelés hatásai.

3. táblázat: *A műveletben alkalmazott hadianyag, hadfelszerelés hatásai a talajra*

Alkalmazott hadianyag	Közvetlen környezeti károk	Közvetett környezeti károk
Aktív és reaktív lövedék harci rész.	Talajkivetődés, -szakadás, -túltömörödés, -omlás, -suvasdás.	Az élővilág és növényvilág nagymértékű pusztulása.
Aktív és reaktív tűzfegyverek működésének következtében keletkező károk.	Talajtömörödés, az eszköz előkészítése és használata következtében keletkezett talajkárok (az elsütés és indítás során talajra gyakorolt nyomó és lökö hullám).	Az élővilág és növényvilág kismértékű pusztulása (nem haladja meg a polgári talajművelés és létesítés kárait).
Bombák.	Talajkivetődés, -szakadás, -túltömörödés, -omlás, -suvasdás.	Az élővilág és növényvilág nagymértékű pusztulása.
Különféle aknák és irányított robbanóesetek következtében keletkező károk.	Talajkivetődés, -szakadás, -túltömörödés, -omlás, -suvasdás.	Az élővilág és növényvilág nagymértékű pusztulása.
Műveleti célú robbanóanyag-használat.	Talajkivetődés, -szakadás, -túltömörödés, -omlás, -suvasdás.	Az élővilág és növényvilág nagymértékű pusztulása.
Megsemmisülő (kilőtt, aknára futott) harci technikai eszközök.	Talajkivetődés, -szakadás, -túltömörödés, -omlás, -suvasdás. A roncsolás és égés következtében a környezetbe és a talajba kerülő veszélyes anyagok, égéstermékek.	Az élővilág és növényvilág közepes mértékű pusztulása. Talajba került szennyező anyagok hosszantartó hatása.

Forrás: Joseph G. Garrett: The Army and the Environment: Environmental Considerations During Army Operations. *International Law Studies*, 69. (1996). 42–56. alapján a szerző szerkesztése

¹⁷ Észak-atlanti Szövetség (NATO), MCM-0052-2006 MC Position on an Effect Based Approach to Operations. 2006.

A katonai műveletek során történő mozgás környezeti kárai

A nem kiépített úton, talajon történő mozgás lehetőségeit az időjárás (elsősorban csapadék) jelentősen meghatározza. A talajszerkezet állékonysága, teherbíró képessége, roncsolódási hajlama a menetek végrehajtásánál fontos információ. A károk jelentősen nem térnek el a mezőgazdasági munkagépek és szállító járművek által okozott károktól, ebből adódóan a civil területen a talaj védelmében alkalmazott eljárások, valamint a terület terhelhetőségére vonatkozó adatnyerő módszerek a katonai területen is alkalmazhatók. Ez a kérdés jelentős szakirodalommal rendelkezik, a kutatási eredmények hozzáférhetők és felhasználhatók a katonai talajvizsgálatok tervezése, végrehajtása során. Például jelentős az európai,¹⁸ főképpen a finn szerzők tevékenysége ezen a területen.¹⁹

Műveleti létesítés (állás-, fedezéképítés) környezeti kárai

A műveleti létesítés során a talaj megmunkálására kerül sor. Hasonló eljárások és módszerek fordulnak elő a civil szférában az építőipar területén. A műszaki talajmunkák, például az út- és állásépítés, erődítés az I. világháború során jelentős fejlődésen ment keresztül, ez a fejlődés ma is folytatódik. A védelmi állások szükségessége ma sem kérdőjelezhető meg. A talajvizsgálat mind a létesítés, mind az építőipari ásványi nyersanyagok (például homok, kavics, kő) katonai célokra való kitermelése során fontos információt biztosít a műszaki létesítmények létrehozása során.

A katonai műveletek során használható talajvizsgálatok lehetőségei

A katonai műveletek, létesítmények jelentős hatást gyakorolnak a természeti környezetre. A táj arculatának megváltoztatása, a különböző talaj-, levegő- és vízszennyező anyagok kibocsátása, a zaj, az ökológiai és közösségi, kulturális kapcsolatok megszűnése csak néhány az ismert következmények közül. Ezek a hatások a környező rendszerek működését alapvetően befolyásolják, ezért kulcsfontosságú a műveleti környezet, a harc-tér és a harctevékenység által kisebb, izolált területekre átszabott harctevékenység előtt a természeti környezetet érő hatás csökkentése, a rugalmas ellenálló képesség növelése. Az ember és a közelében megtelepedett fajok számára fontos a harctevékenység előtti környezet rehabilitációja, az összefüggő élőhelyek közötti kapcsolatok erősítése, a műveleti létesítmények és műveleti képességek ökológiai szempontú kialakítása, felújítása, karbantartása. A talaj teherbírásának, viselkedésének ismerete a műveleti tevékenység

¹⁸ García de Jalón et al.: Modelling and Valuing the Environmental Impacts of Arable, Forestry and Agroforestry Systems: A Case Study. *Agroforestry Systems*, 92. (2018). 1059–1073.

¹⁹ Jyri Seppäilä et al.: Forest Industry and the Environment: A Life Cycle Assessment Study from Finland. *Resources, Conservation and Recycling*, 23. (1998), 1–2. 87–105.

során nemcsak környezetvédelmi szempontból fontos, hanem a harc sikere szempontjából is. Ebből adódóan begyakorolt talajvizsgálatokra van szükség, valamint az adatok szakszerű értékelésére és továbbítására.

A műveleti igények szerinti helyszíni talajvizsgálatok kijelölése

A műveleti talajvizsgálat elemei a helyszínleírás és terepen történő konkrét fizikai-kémiai-biológiai vizsgálat, amit ki lehet egészíteni laboratóriumi vizsgálatokkal. A terepen a mintavétel történhet hálózati (raszterelv) módon²⁰ vagy egy egyenes mentén (katénaelv)²¹ való kijelölés alapján. A műveleti vizsgálati hely, a talajszelvény kijelölése első lépése a műveleti igény szerinti terepbejárás. A vizsgálati szelvény kijelölésekor ügyelni kell arra, hogy az eredeti, nem bolygatott területen történjen a mérés. Természetesen, ha más a műveleti cél, például helység harc vagy rombolt épített környezet, akkor épített vagy rombolt területen is kijelölhető a mérőhely.

A talajszelvény feltárása

A műveleti igény szerint kijelölt talajszelvény feltárása történhet ásással vagy fúrással és kiszúrással. A szelvényásás általános szabálya, hogy a főfal fölött a szelvény teljesen ép maradjon, oda sem lépni, sem földet dobni nem szabad. A talajt a szelvény két hosszanti oldalára kell felhalmozni, a humuszos feltalajt az egyik, az altalajt a másik oldalra. A talajszelvénynek legalább 150–200 cm mélynek kell lennie, de a talajképző kőzetbe mindenképpen hatoljon be legalább 30–50 cm vastagságban. A fúrás és kiszúrással esetén a körminta helyes csomagolására kell nagy figyelmet szentelni. A kivett minta tiszta, elkülönített helyre kerüljön, mellé mérőszalagot vagy léceket helyezve, színes fényképet kell róla készíteni, majd ügyelve a minta tisztaságára, gondosan kell csomagolni.

Ejtősúlyos dinamikus teherbírásmérés

A katonai műveletek tervezése során már régóta alkalmazott módszer az ejtősúlyos dinamikus teherbírásmérés.²² Ez a fontos eszköz fokozatosan terjed a polgári szférában, főképp

²⁰ Raszterelv: a vizsgálandó terület nagyságától és a vizsgálat céljától függő sűrűségű négyzethálós kijelölési elv. Fülek György (szerk.): *Talajvédelem, talajtan*. Veszprém, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011. 94.

²¹ Katénaelv: a táj felszíni morfológiája szerinti kijelölésre épülő talajminta-vételezés. Fülek (2011): i. m. 94.

²² Könnyű ejtősúlyos mérőberendezés: a dinamikus tömörségi fok (Trd, %) és a dinamikus teherbírási modulus (Ed, MPa, N/mm² vagy MN/m²) meghatározására alkalmas kézi berendezés, amelyenél terhelést közvetítő acéltárcsára adott magasságból, adott tömegű ejtősúlyt a megfelelő számban leejtenek. MSZ 2509-3 Útpályaszerkezetek teherbíró képességének vizsgálata. Tárcsás vizsgálat. 6.

az építés területén, szerte a világon és hazánkban is. Az eszköz alapvetően alkalmas különböző műveleti földművek tömörödöttségi állapotának vizsgálatára. Előny a kis súly, a könnyű hordozhatóság és a gyors, egyszerű mérés. Az eszköz alapvetően teherbírás-mérése alkalmas, de – elméleti alapon levezetett matematikai módszer alapján – képes a földmű tömörségének mérésére is. Az eredmények megosztásához mobilapplikáció fejlesztése lehetne a célszerű megoldás. A könnyű ejtősúlyos berendezésekkel kapcsolatos múltbéli és jelenlegi kutatások sok kérdést tisztáztak már, azonban komplex, integrált alkalmazásuk katonai területen még várat magára. A harctér és a harcászati földművek harcászati elképzelésekhez való megfeleltethetőségének alapja, és alapjában véve a megfelelő alakí és mechanikai jellemzők szabványos módszerekkel és berendezésekkel történő mérését jelenti. A mérési folyamat a mintából a megfelelő méretek, a teherbírás és a tömörség értékelését foglalja magában. A minta egységnyi felületre gyakorolt dinamikus nyomásváltozásának és a mellette lévő referenciaterület összehasonlító vizsgálatára épül.

Talaj mechanikai összetételének és kötöttségének mérése

Az egyszerű talaj mechanikai összetételét mérő vizsgálat is hasznos adatokat biztosíthat. A különböző nagyságú részecskék arányának nedvesítéssel és gyúrópróbával való megállapítása is jó megközelítést ad a szakember számára. A rendkívül egyszerű eljárás könnyen tanítható, akár egy applikáció segítségével is, és az alapvető talajfajta meghatározására alkalmas. Szintén egyszerű módszer a mechanikai összetétellel szoros kapcsolatban álló talajkötöttség megállapítása, ami erősen befolyásolja a katonai műveleteket. Az Arany-féle kötöttségi számot²³ használjuk ennek megállapítására (egyszerű fonálpróbával). A módszer azon az elven alapszik, hogy minél több agyagot tartalmaz a talaj, annál több vizet tud megkötni. A vizsgálatkor 100 gramm légszáraz talajhoz annyi vizet adnak fokozatosan, amíg a vízzel eldörzsölt talajból a porcelán mozsártörőt kirántva, azon fonalszerűen elvékonyodó kúpot kapnak. A kúp hegye ilyenkor könnyen elhajlik, de az alakját megtartja. Ahány köbcentiméter vizet kellett 100 gramm légszáraz talajhoz adni a fonálpróbáig, annyi a kötöttségi száma, amely tulajdonképp az adott konzisztenciaállapot (képlékenység felső határa) eléréséig adagolt víz mennyiségét jelenti.²⁴

Az egyszerű vizsgálati módszerek alkalmazása nagyrészt kielégíti a műveletekhez szükséges adatigényeket, de jó alapot biztosít a későbbi laborvizsgálatok elvégzéséhez is. A műveleti igény szerinti talajvizsgálatok hatékonyságát fokozni lehetne digitális terepmodellbe és mobilapplikációba való integrálással, amelyre már folynak a kutatásaink.

²³ Arany Sándor (1899–1984) talajvegyész által kidolgozott talajvizsgálati módszer. Buzás István (szerk.): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszertan. I.* Budapest, Tótfalusi Tannyomda, 1993. 13.

²⁴ Antos Gábor: *Földművelés és földhasználat.* Budapest, Mezőgazda, 2006. 46.

Következtetések, javaslatok

Magyarország hegy- és vízrajza, területi kiterjedése és ezek jellemző adatai egyértelműen fontos területét képezik a katonai műveleteknek. A természetes és az épített környezet elemei közül a talajról szóló gyors, pontos információk, elemzési módszerek, előrejelzési és modellképzési képességek elengedhetetlenül fontosak mind a környezetvédelem, mind a katonai döntéstámogatás számára. A fegyveres katonai műveletek kárainak felméréséhez és a művelési tevékenységek tervezéséhez, sikeres végrehajtásához egyértelműen szükséges a talajról szóló információk megszerzése, értékelése, megosztása. A talajtípusok kapcsolata a katonai műveletekkel bizonyítható. A talajtan, a polgári talajvizsgálati módszerek jól alkalmazhatók a katonai műveletek kárainak feltárása, értékelése, a katonai környezetvédelem és a döntéstámogatás területén. Az ismertetett talajvizsgálati módszerek integrálhatók a katonai vezetés rendszereibe. A feltárt, elemzett és mobilapplikációban megosztott információ kiváló lehetőséget biztosíthat egy digitális terepmodellbe építve a hatékony, precíziós fegyverhasználatra és a gondosan előkészített mozgás és létesítés tervezésére. A talajvizsgálat civil módszerei lépésekre tagolhatók, a katonai alkalmazás során velük szemben támasztott követelményeket a fentiekben összefoglaltam. A levont következtetések alapján javasolt a korszerű polgári talajvizsgálati módszerek megismertetése a katonai műveletek tervezőivel, végrehajtóival és a katonai művelési igények szerinti alkalmazása. A talajról szóló művelési információk gyűjtésére, értékelésére és megosztására, (mobilapplikáció) fejlesztésére van igény. Az adatok alapján nagy lépést jelenthet a talaj- és terepmodellek kidolgozása és a döntéshozási folyamatban való megjelenítése. Ez jelentősen támogatná a korszerű haderő hatékonyságának növelését, valamint a gyors, pontos és integrált információra épülő alkalmazását.

Felhasznált irodalom

- Antos Gábor: *Földművelés és földhasználat*. Budapest, Mezőgazda, 2006.
- Blackall, Thomas Elliot: A. M. Atterberg 1846–1916. *Geotechnique*, 3. (1952), 1. 17–19.
- Buzás István (szerk.): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. 1.* Budapest, Tótfalusi Tannomda, 1993.
- Churchill, Winston S.: *A második világháború I–II.* Budapest, Európa, 1989.
- Debreceni Katalin (szerk.): *Vasúti környezetvédelmi lexikon. A-tól Z-ig.* Budapest, MÁV, 2006.
- Faur Krisztina Beáta – Szabó Imre: *Geotechnika*. Miskolc, Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, 2011.
- Földi László – Padányi József: Környezetbiztonsági kihívások a haderők számára. In Göcze István (szerk.): *Az egyházak és a katonai erők előtt álló kihívások, az együttműködés lehetőségei.* Budapest, MEÖT–NKE, 2021. 49–60.
- Földi, László – József Padányi: Environmental Responsibilities of the Military Soldiers have to be “Greener Berets”. *Economics and Management*, (2014), 2. 48–55.
- Füleky György (szerk.): *Talajvédelem, talajtan*. Veszprém, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011.

- Garrett, Joseph G.: The Army and the Environment: Environmental Considerations During Army Operations. *International Law Studies*, 69. (1996). 42–56.
- Gudmonné Jenei Magdolna: *Talajtan*. Budapest, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, 2018.
- Halász, László – Földi László – Padányi József: Climate Change and CBRN Defense. *Hadmérnök*, 7. (2012), 3. 42–49.
- Hornyacsek Júlia – Leskó György: A védelmi szektorban közreműködő önkéntes szervezetek beszerzési logisztikájának vizsgálata a környezettudatosság szemszögéből. *Katonai Logisztika*, (2021), 1–2. 127–152.
- Jalón, García de – Anil Graves – Joao H. N. Palma – Adrian Williams – Matt Upson – Paul J. Burgess: Modelling and Valuing the Environmental Impacts of Arable, Forestry and Agroforestry Systems: A Case Study. *Agroforestry Systems*, 92. (2018). 1059–1073. Online: <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0128-z>
- Kiss János (szerk.): *Biológiai kislexikon*. Budapest, Typotex, 2007.
- Laszlovszky József – Stephen Pow – Pusztai Tamás: A muhi csata és az 1241-es tatárjárás. Új régészeti és történeti megközelítések. *Magyar Régészet*, (2016), 4. 27–36.
- Lóczy Dénes: Geomorfológia. In Konrád Gyula (szerk.): *Környezettan. Földtudományi alapismeretek*. Pécs, Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, 2011. Online: <http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kornyezettan9/www/out/html-chunks/ch18.html>
- MSZ EN ISO 14688-2:2005. Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 2. rész. Osztályozási alapelvek.
- Nemzeti Környezetvédelmi Program 2015–2020. *Magyar Közlöny*, (2015), 83. 7690–7891.
- Rakonczay Zoltán: *Környezetvédelem*. Budapest, Szaktudás, 2004.
- Seppälä, Jyri – Matti Melanen – Timo Jouttijärvi – Lea Kauppi – Niko Leikola: Forest Industry and the Environment: A Life Cycle Assessment Study from Finland. *Resources, Conservation and Recycling*, 23. (1998), 1–2. 87–105. Online: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(98\)00012-3](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(98)00012-3)
- Stefanovits Pál – Filep György – Fülek György: *Talajtan*. Budapest, Mezőgazda, 1999.