

Balajti István

Gondolatok az Education 5.0 alapú hadmérnökképzés szükségessége és megvalósításának elvárásai témakörben

**Hogyan képezzünk Ipar 5.0 környezetbe integrált
Dobó Istvánokat és Bornemissza Gergelyeket?**

Az Ipar 4.0 (I4.0) és 5.0 (I5.0) korszak elvárja a mesterséges intelligenciával támogatott, hatékony ember-gép kapcsolatot, a robotok által végrehajtott tömegtermelést és más kettős felhasználású eszközrendszerek, például drónok és érzékelők nyújtotta lehetőségek kiaknázását a haditechnikai kutatás-fejlesztés-innováció területein. Az új készségek bevezetése szigorú előkészítő munkát, a hadmérnökképzés folyamatosan változó igényeihez illeszkedő, az Oktatás 4.0 (E4.0) és 5.0 (E5.0) lehetőségeit felismerő és kiaknázó, hatékony tudásátadási módszerek és részben személyre szabott követelmények kidolgozását igényli. A tanulmány célja a műszaki felsőoktatás kompetenciáin és korunk haditechnikai eszközökkel kapcsolatos szakmaspecifikus elvárásain alapuló hadmérnökképzés, ezen belül az elitképzés pedagógiai elvárásainak, kompetencia- és személyiségfejlesztési elemeinek és lehetőségeinek áttekintése, valamint a bővítések szükségességének kimutatása és integrálása a Ludovika Egyetemen folyó képzéshez. A tanulmányban bemutatott módszerek bevezetésével lehetőség nyílik olyan hadmérnökök képzésére, akik az I4.0 és I5.0 lehetőségekhez igazodó hadszínterek mesterséges intelligenciával támogatott internetbe kapcsolt szenzorhálózatainak értékelését, a haditechnikai eszközök helyszíni kreatív továbbfejlesztési lehetőségeinek felismerését és az újszerű műszaki megoldások kidolgozásának kihívásait képesek hatékonyan kezelni.

Kulcsszavak: hadmérnökképzés, Ipar 4.0/I5.0, Oktatás 4.0/E4.0, mesterséges intelligenciával támogatott megoldások, szenzorhálózatok, drónok, robotok

Motiváció

Lippai Péter dandártábornok 2025. március 13-án *A nemzeti haderő építése, a tisztképzés jelene és jövője* című témakörében megtartott előadása és az azt követő személyes konzultáció inspirálta a tématerülettel kapcsolatos vélemény és tapasztalatok írásbeli megfogalmazását (LIPPAI 2025).

Az elmúlt években paradigmaváltás történt a hadügy feladatainak területén. Ennek értelmében a honvédségnek újra a haza védelmére való felkészülés lett a legmagasabb prioritású feladata. Ezt követi a szomszédos országokkal közösen, például NATO-műveletek keretében vagy két- és többoldalú megállapodásokkal kiegészítve végrehajtható, természetföldrajzilag védhető határok megtartására való felkészülés. Tény, hogy egy közel 10 millió főt számláló ország nem engedheti meg a súlyos polgári és katonai élőerős veszteségeket, ezért a katonai erő demonstrálásához alapvető az élenjáró képzési módszerek alkalmazása.

Műszaki értelemben a paradigmaváltás újfajta, a haditechnikai képességeket valóban értékelő parancsnoki képességeket igényel, míg a hadmérnököktől a gyorsan fejlődő műszaki lehetőségek valós idejű alkalmazását várja el. Ennek alapja a hadszínterek mesterséges intelligenciával támogatott érzékelő és helyzetértékelő rendszereinek, különösen a földközeli légtérhasználat érzékelési és csapásmérési lehetőségeinek, valamint a drónoknak és a robotoknak a széles körű és tömeges hadszíntéri alkalmazása.

Nyolc szemeszteren keresztül a Debreceni Egyetem Műszaki Karán docensi munkakörben hazai és külföldi BSc- és MSc-hallgatókat oktattam, vizsgáztattam és készítettem fel szakdolgozatuk és PhD-értekezésük minél színvonalasabb elkészítésére. Főbb oktatási szakterületeim angol és magyar nyelven a következők voltak: Kiberfizikai rendszerek (48 óra/félév), Mérés és adatgyűjtés (24 óra/félév), Mechatronikai eszközök – érzékelők, aktuátorok (24 óra/félév), Méréstechnika (24 óra/félév), Cyber Security (48 óra/félév); valamint a villamosmérnöki MSc-képzésben: Jelfeldolgozás (36 óra/félév), Méréselmélet (24 óra/félév), Szűrők elmélete és gyakorlata (36 óra/félév) és Elektromágneses kompatibilitás és interferencia (36 óra/félév). A tananyagok legalább 20%-a radarrendszer-specifikus volt.

2001–2021 között a NATO Támogatási és Beszerzési Ügynökségének légvédelmi programokkal, radarrendszerekkel foglalkozó részlegén dolgoztam. Főbb feladataim közé tartozott a gerincradarok és a NATO-ban használt radarrendszerek performanciaállapotának *in situ* mérése, a mérési műszerek és eljárások kidolgozása, a légvédelmi alrendszerek korszerűsítésének menedzselése, a tudományos továbbképzések szervezése és az ezeken való aktív részvétel. Folytattam a NATO STO/RTO radarrendszerekkel kapcsolatos, még a Haditechnikai Intézetben elkezdett tudományos tevékenységeket.

Magyarország NATO-csatlakozása előtt tagja voltam a Tóth Ferenc tábornok által vezetett „Ismerjük meg, hogyan működik a NATO!” elnevezésű munkacsoportoknak. A Haditechnikai Intézetben feladatom volt a radar, a légvédelmi vezetési rendszerek és a rádiótechnikai ellenőrző rendszerek korszerűsítése és

fejlesztése. A 3. Rádiótechnikai zászlóaljnál részt vettem Budapest légvédelmi rendszerének telepítésében, a radarok és az érdei harcálláspont üzemeltetésében.

A felsorolt területeken szerzett tapasztalatok és a tématerület iránti érdeklődés teszi hitelessé a javaslatokat, amelyek a mérnöki gondolkodásmód *mit, miért és hogyan* struktúrájára épülnek, a hadmérnöki feladatok minél hatékonyabb elsajátítására fókuszálnak, ahol elvárás a feladat megoldásával járó előnyök, hátrányok, lehetőségek és kihívások azonnali nagybani értékelése.

Mit: olyan hadmérnökök és munkájukat értő parancsnokok képzése, akik kiemelt hatékonysággal, eredményesen és túlélőképességgel oldják meg feladataikat a 21. század csataterein.

Miért: valós időben felismerhetők legyenek korunk csatatereinek új kihívásai, ezekre használható vezetéselméleti és mérnöki megoldásokat dolgozzanak ki, és azokat integrálják katonai környezetükben a harcképesség fenntarthatósága és növelése érdekében.

Hogyan: a meglévő hadtudományi elvek és eljárások, valamint a már folyamatban lévő nagy értékű haditechnikai eszközök lehetőségeinek ismeretében olyan új kiegészítő megoldások bevezetése, amelyek kihasználják az I4.0/E4.0 és I5.0/E5.0 korszak nyújtotta lehetőségeket; a kettős felhasználású eszközök, például a kiberfizikai vagy IoT-rendszerek elméleteinek alkalmazása, kiemelt tekintettel az érzékelő rendszerekre, a mesterséges intelligenciával támogatott megoldásokra, a hatékony ember-gép kapcsolatra, a 3D-nyomtatásra, a drónalkalmazásokra, a robotok által végrehajtott tömegtermelés új lehetőségeinek kiaknázására és a rövid idő alatt megvalósítható haditechnikai kutatás-fejlesztési megoldások realizálására.

A szemléletváltás szükségessége a harcászati-műszaki követelményekben, beleértve az élettartam-támogatást és a logisztikát

A paradigmaváltás szükségessége

Szakirodalmi hivatkozások bizonyítják, hogy a nagy értékű haditechnikai eszközök és a lehetséges alkalmazási eljárások napjainkban a katonai vezetési elvek újfajta adaptálását várják el (KOVÁCS–KRASZNAY 2024; KOVÁCS 2023). Korábban a haditechnika kutatási-fejlesztési időszükséglete, a téma elindítása és a haderőkben történő sikeres integrálása között eltelt idő 10–15 év volt. Manapság az Ipar 4.0 és különösen az Ipar 5.0 képességei már lehetővé teszik a polgári és a kettős

(katonai + polgári) felhasználású eszközök kutatási-fejlesztési tevékenységének 1–4 év alatti megvalósítását.

Természetesen mindkét esetben a projekt összetettsége, a különböző mérnöki szakterületek átfedése és menedzselése a hosszabb megvalósítások irányát jelzi. Ezért napjainkban világviszonylatban megfigyelhető katonai elvárás a kutatási-fejlesztési tevékenységek eredményes felgyorsítására való törekvés. Ugyanakkor a hadseregek gerincét alkotó haditechnikai eszközök, például a nagy teljesítményű repülő, harckocsik, nehézlövegek, radarok, űrben elhelyezett eszközök és több hullámsávban párhuzamosan üzemelő érzékelő rendszerek esetében ez az út nem, vagy csak korlátozott mértékben járható.

Tény, hogy ezeknek a haditechnikai eszközöknek a másodlagos alkalmazói nem rendelkeznek a berendezések teljes performanciájával és az eszközök árát alapjaiban meghatározó 70–80%-os szoftverek forráskódjaival. Tapasztalatok szerint az ezen eszközök 15–20 évre tervezett élettartam-támogatása tíz év után alapvető problémákat jelent a gyártó számára is, mivel az eredeti fejlesztéseket végző szakemberek 5–10 év után állást vagy pozíciót váltanak, a számítógépes megoldások hardverkomponensei elavulnak, szervizelésük csak nagy nehézségekkel biztosítható, a rajtuk futó szoftverek illesztése az új elvárásokhoz rendkívül költség- és időigényes, hadszíntéri igényváltozások esetén a jelenlegi eljárás-orientált elvárások szerint valós időben megoldhatatlan.

Ezzel párhuzamosan elindult a földközeli légtér feletti uralom elérésére való törekvés, amely *ad hoc*, nagyon rövid idő alatt megvalósuló, 1–5 hónapos, tömegesen és olcsón előállítható drónalkalmazásokban valósul meg (HAIG–ILLÉSI–VARGA 2022; MAJOR–SZILVÁSSY–BÉKÉSI 2024). A probléma komplexitását növeli a harctéri robotok és a hagyományosan olcsó, de nagy tömegben gyorsan telepíthető különböző aknák, érzékelők és egyéb kettős felhasználású eszközök alkalmazása, amelyek a nagy értékű haditechnikai eszközök mobilitását jelentősen korlátozhatják.

A katonai kutatási-fejlesztési paradigmaváltás legnagyobb kihívása, hogy hogyan képezzünk olyan parancsnokokat és hadmérnököket, akik megtalálják a haderők gerincét alkotó haditechnikai eszközök hatékony védelmét, miközben kiterjesztik ezek performanciáját az újfajta hadszíntéri elvárásoknak megfelelően. Tapasztalatok szerint a természetben kialakult túlélési mintázatok felismerése és elvárásaink ezekhez való igazítása lehet a hatékony képzés alapja.

Megállapítható, hogy a hadszíntereken való eredményes tevékenység első és legfontosabb eleme a parancsnokok küldetésorientált vezetésszemlélete (LIPPAI 2025), míg a hadmérnökök fő feladata a hadszíntéri eszközök folyamatos és

költséghatékony kiépítése, fenntartása, valamint fejlesztése. Ennek legfontosabb eleme a szenzor- és érzékelőhálózat, valamint az összegyűjtött információk hatékony osztályozása, értékelése, a különböző típusú céltárgyak útvonalainak illesztése, fenntartása és azonosítása. Ennek ismeretében a parancsnokok dönthetnek az aktuátoreszközök (megsemmisítés és semlegesítés) hatékony alkalmazásának módozatairól.

Az elit parancsnok- és hadmérnökképzés lehetőségei és kihívásai

Ismert, hogy különböző szintű felsőfokú parancsnoki képzés folyik a Ludovika Egyetemen, míg a hadmérnökképzés és annak speciális élvonalbeli intézményei, például a Bolyai János Hadmérnöki Kar, a Kilián György Repülő Műszaki Főiskola és a Haditechnikai Intézet 15–20 éve fokozatosan elsovadt, és megszűnt. Napjainkban viszont egyre több, a kor műszaki tudományában mesterfokon képzett hadmérnökre van szükség.

A hadmérnökképzéssel kapcsolatos elvárások az alábbi képzési formákban oldhatók meg:

- *A baráti országok katonai műszaki egyetemein való képzés előnyei és hátrányai:* az előnyök között szerepel a hazaitól eltérő gondolkodásmódok és nyelvhasználat megismerése és elsajátítása, valamint az országok közötti kapcsolatépítés bővítése. A hátrányok közé tartozik a hazai elvárásoktól jelentősen eltérő szemlélet kialakulása, az adott ország hadiipari orientációja, a hazai nemzeti ipari háttér és termelési kultúra ismeretének hiánya, amelyet félevenként legalább kéthetes hazai kondicionálással kell csökkenteni. Ez minden megoldás közül a legköltségesebb alternatíva.
- *A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen (NKE) folyó teljes spektrumú képzés előnyei és hátrányai:* az előnyök között említhető, hogy metodikája az I4.0 és I5.0 elvárások haditechnikai vonzatainak figyelembevételével, a történelmi, elsősorban nemzeti tapasztalatokra és a hazai mérnökképzés sajátosságaira támaszkodva kidolgozható. Erősíthető a nemzeti hovatartozás érzése, taníthatók a hazai harcászati-műszaki követelmények, a hadiipari termelési kultúra és együttműködési lehetőségek. Az akkreditációhoz szükséges oktatók egy része másodállásban felvehető más egyetemek műszaki karairól. A hátrányok közé tartozik, hogy részben vagy egészben újra kell teremteni az oktatási infrastruktúrát, a képzési tematikát és a laborokat. Az akkreditációhoz szükséges más egyetemen dolgozó oktatóknak nincs

hadmérnöki tapasztalata, a legjobb oktatók már legalább két egyetem alkalmazottai, így csak arra alkalmasak, hogy leadják a minimálisan szükséges óraszámokat. Az első valóban hadmérnöki képességekkel rendelkező hallgatók körülbelül tíz év múlva kerülhetnek ki az egyetemről. A képzés bevezetésének költsége folyamatosan változik, ezért nehezen becsülhető, de nagyon magas.

- *A hibrid megoldás előnyei és hátrányai:* az NKE csak összefogja, koordinálja és egységesíti, valamint kiegészíti a magyar egyetemeken folyó mérnök képzés hadmérnöki aspektusait. Az előnyök megegyeznek a második pontban leírtakkal, valamint bevonhatók a nagy tapasztalatokkal rendelkező nyugdíjas hadmérnökök a műszaki karok élvonalbeli szoftver- és hardverprojektjei katonai alkalmazásainak kidolgozásába. Új hallgatói motivációs módszerek alkalmazhatók, az első mesterszintű hadmérnökök kibocsátási ideje öt év, és költséghatékony. A hátrányok közé tartozik, hogy a hibrid megoldás szerteágazó szervezési tevékenységet igényel, valamint új szemléleten alapuló oktatási tematikák kidolgozását és bevezetését több egyetemmel együttműködve.

Napjaink mérnök képzésének komplexitását szemlélteti a mechatronika tantárgy, amely három alapvető tudományág – a mechanika, az elektronika és a vezérlés/szabályozás – szinergiájára épül. A mechatronika fejlődését jelzi, hogy az MTA GTB Mechatronikai Albizottsága 2024-ben a továbbfejlődés irányára tett javaslatot. Ennek értelmében a mechatronika bővül a szociális környezeti hatásokat integráló további három tudományterülettel: az érzékelők, az aktuátorok és az informatika (mesterséges intelligencia) területével (HORVÁTH–ÁBRAHÁM 2025).

A mechatronika oktatási tematikája három mérnöki szakirányt a rendelkezésre álló erőforrásokkal szemeszterenként 12 oktatási hét alatt old meg (plusz 2 hiánypótló/rajz), ami nagy kihívást jelent az egyetemi oktatógárda és a hallgatók számára. A különböző egyetemek műszaki karain általános elvárás, hogy a szakra jelentkező hallgatók felkészültsége 15–25%-kal magasabb legyen a többi mérnöki szakra jelentkezőkénél. Hasonlóan más szakirányokhoz, a villamos- és informatikai mérnöki képzések színvonala, az oktatók, a laboratóriumok felszereltsége és kihasználtsága a különböző egyetemeken szintén jelentős eltérést mutat.

Tapasztalatok szerint a magyar felsőoktatás az egyetemek környezetébe települt ipari üzemmérnöki elvárásainak teljesítésére koncentrál, és a tanszékek akkreditációs, valamint a doktori iskolák PhD-képzési elvárásait és színvonalát ezekhez igazítják. Ettől némileg eltér a néhány egyetemen folyó szakirányú

természettudományos képzés iránya, de ezzel együtt is megállapítható, hogy a BSc- és MSc-szintű okleveles üzemmérnökök és szakemberek nem rendelkeznek a haditechnikai kutatás-fejlesztés által elvárható speciális felkészültséggel.

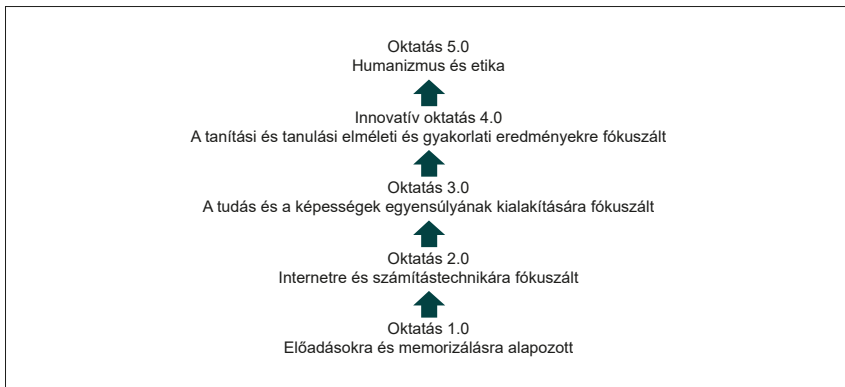
Igaz, hogy a mechatronikai szakirány már magában bizonyos fokú elit mérnök-képzés, de még így is csak a hallgatók körülbelül 20%-a motivált és érdeklődik a magasabb szintű, az üzemmérnöki elvárásokon túlmutató lehetőségek iránt. A nagyvállalatok szintén a legjobb hallgatókat keresik, és többségük már az 5. szemesztertől hazai és nemzetközi versenyeket, speciális felkészítési kurzusokat, valamint heti 20 órás gyakornoki munkakört és fizetést ajánl. Ezért alakult ki az egyetemek oktatási struktúrájában a koncentrált 24 óra egyetemen, plusz 20 óra vállalatnál eltöltött foglalkoztatási gyakorlat.

Természetes, hogy a vállalatok saját elvárásaikhoz igazodó belső képzéseket alkalmaznak. A hazai hadmérnökképzés számára ez a tény olyan kihívást jelent, amely egyúttal lehetőséget ad a haditechnika iránt érdeklődő hallgatók oktatására. Tapasztalat, hogy ez akkor hatékony, ha a képzés elején ígért és következetesen számonkért kihívások teljesítését ismert elvárások szerint honoráljuk.

Összességében megállapítható, hogy ma hazánkban nincs hadmérnökképzésre akkreditálható egyetem vagy kar. Ezért a hibrid megoldások keresése és alkalmazása látszik célszerűnek. A költséghatékony megoldások keresése közben ki lehet és kell használni a különböző egyetemek mérnöki oktatási színvonalának növelését szolgáló már elért eredményeket, például a Debreceni Egyetem Műszaki Karán kifejlesztett, katonai tapasztalatokat is integráló és az oktatásban már sikeresen alkalmazott „kihívásalapú” „Agykarbantartás” és „Nobel sörök” módszerelemet (KOC SIS – BURJÁN-MOSONI – BALAJTI 2025).

Az ipari igényekhez alkalmazkodó oktatás fejlődése

A hadtudomány, valamint a katonai műszaki tudomány fejlődése szorosan kapcsolódik az ipari lehetőségekhez, ezért a kialakulóban lévő ipari átalakulás oktatással kapcsolatos elvárásainak ismerete meghatározza a hadmérnökképzés színvonalát. A mai modern társadalom sajátja a jelentkező túlzott fogyasztásra vonatkozó igények kielégítése. A vállalatoktól és részben korunk katonai parancsnokaitól kapott visszajelzések szerint a különböző mérnöki pozíciókban elvárt alapvető viselkedési és együttműködési követelményeket (például pontos munkavégzés, kommunikáció, kreatív és kritikus gondolkodás, társadalmi tolerancia) a fiatal mérnökök furcsának vagy akár elfogadhatatlannak tartják. Egyre nagyobb szakadék



1.1. ábra. Az ipari környezet változásához igazodó oktatási szintek

Forrás: a szerző szerkesztése

figyelhető meg az alfa és a béta generáció életstílusa, valamint az ipari vállalatok (általában az üzleti szektor) és a katonai pálya által megkövetelt, szakirodalom szerint nyolc fő kategóriába sorolt „puha készségek” (*soft skills*) között.

A mérnökpedagógia szakirodalmának áttekintése alapján a legismertebb, széles körben elterjedt pedagógiai módszerek mindegyike a mérnöki kulcskompetenciák fejlesztését hivatott támogatni. Ezek a következők: *challenge-based learning* (kihívásalapú tanulás) (KOC SIS–KOR ONDI 2024), *collaborative learning* (kollektív tanulás) (KIS et al. 2023), *competency-based learning* (kompetenciaalapú tanulás), *cooperative learning* (kooperatív tanulás) (CHEW et al. 2020), *crossover learning* (keresztező tanulás), *flipped classroom* (fordított osztályterem), *gamification* (játékalapú tanulás), *problem-based learning* (problémaalapú tanulás), *project-based learning* (projektalapú tanulás).

Az 1.1. ábra áttekinti az ipari környezethez igazodó oktatási elvárások és lehetőségek fejlődését.

A legelterjedtebb az Oktatás 1.0 szintű hagyományos, előadás-alapú oktatási módszer, amelyet gyakran merevnek és elavultnak neveznek. Ez a szint már elégtelen a jövő mérnökeinek, ezért átalakul olyan diákközpontú megközelítések alkalmazásával, amelyek a műszaki ismeretekkel párhuzamosan a transzverzális és a „puha készségek” fejlesztését is elősegítik.

Az Oktatás 2.0 szintjén a mérnökképzés az internetre és a számítástechnikára fókuszál, és a diszciplináris kompetenciák már specifikusak. Orthey ezeket a szükséges kompetenciákat négy kategóriába sorolja (ORTHEY 1999): szociális

(például kommunikációs és együttműködési képesség), személyes (például felelősség, önbecsülés, vezetői képesség), szisztematikus (például problémamegoldó és elemzőképesség) és általános (például projektmenedzsment, informatikai) kompetenciák.

Az Oktatás 3.0 szintje a tudás és a képességek közötti egyensúly kialakítására törekszik. A leghatékonyabb módszerek között a projektalapú tanulást (BAIDAL-BUSTAMANTE – MORA – ALVAREZ-ALVARADO 2023), a problémaalapú tanulást (SRAVANTHI–DHARMAVARAPU–NEERAJA 2024), a fejlesztői/tervezői gondolkodást és a kompetenciaalapú tanulást azonosították. Ezeket a módszereket azért emelték ki, mert a valós problémákkal való foglalkozásra, a kreativitásra, a strukturált problémamegoldásra és a célorientált készségfejlesztésre összpontosítanak.

Az Oktatás 4.0 már a negyedik ipari forradalom keretében az oktatásban alkalmazott technológiai fejlesztéseken, automatizáción alapszik, és a technológia használatával kapcsolatos adaptív tanítási módszerek kihasználására törekszik. Célja a tanulók készségeinek, képességeinek és a jövőbeli munkahelyekhez szükséges értékeknek a fejlesztése.

Az Oktatás 5.0 a közeljövő technológiája integrálásának és a tanulói élmény központba helyezésének szemlélete. Vest tanácsa az Oktatás 5.0 szintjén már elérhető célkitűzés (VEST 2006): „Hosszú távon az egyetemek és a mérnöki iskolák izgalmas, kreatív, kalandos, szigorú, igényes és erősítő miliővé tétele fontosabb, mint a tantervi részletek meghatározása.” A személyre szabott tanulást, az együttműködést, a jólétet és a 21. századi készségek fejlesztését (kritikus gondolkodás, kreativitás, problémamegoldás) helyezi előtérbe. Természetesen integrálja és szükség szerint kiegészíti az alsóbb szintek elvárásait és lehetőségeit (HORVÁTH 2025).

Korunk hadmérnök-pedagógiai kihívásai

A mérnöki hatékonyság fejlesztésének társadalmi dimenziói

A hatékony parancsnoki és hadmérnöki képességek kiteljesedésére jelentős hatással vannak különböző társadalmi kompetenciák, amelyeket összefoglalóan „puha készségeknek” nevezhetünk. Ezek közé tartozik a mérnöki felelősség dilemmáinak megértése, a jogi és etikai tudatosság és felelősségvállalás, valamint a mérnöki gyakorlatban jelentkező fenyegetések és veszélyek felismerése. Továbbá lényeges az elkötelezettség nélküli felelős döntések meghozatalának

képessége, a mérnöki megoldások társadalmi hatásának mérlegelése, az integritás, valamint a becsületesség és a szakmaiság magas színvonala szerinti cselekvés (KOC SIS – BURJÁN-MOSONI – BALAJTI 2025).

Különösen fontos a nem megjátszott empátia tanúsítása, mások érzelmeinek a megértése és megosztása, valamint az önismeret a saját erősségek és gyengeségek tekintetében. Ezen túlmenően elengedhetetlen a rugalmas és hatékony érzelem-szabályozás kihívást jelentő helyzetekben történő alkalmazása.

A jelenlegi képzési rendszer hiányosságai

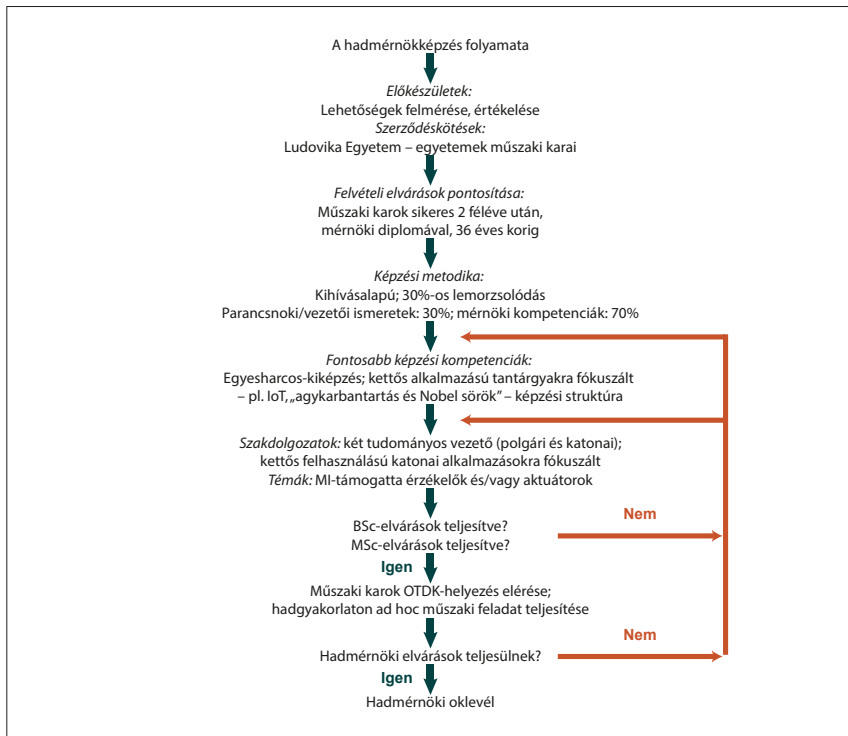
Az ezeknek való megfelelés hiányosságai alapvető nevelési és környezeti szocializációs sajátosságokkal magyarázhatók, ahol a diákok más értékek felé orientálódnak, és nem megfelelően készülnek fel az ipar és a katonaság által elvárt kihívásokra. A legfontosabb problémák közé tartozik a hallgatók közötti jelentős előképzettségbeli különbség, amely megnehezíti az egységes színvonalú oktatás megvalósítását.

Megfigyelhető, hogy bár a hallgatók kiemelkedő okostelefon-használati képességekkel rendelkeznek, és körülbelül 70–80%-uk zseniális az adott szakterületen, ez a potenciál gyakran kihasználatlan marad. Problémát jelent a műszaki jelentések írásához szükséges készségek szinte teljes hiánya, ami a strukturált gondolkodásmód fejletlenségére utal. Hasonlóképpen hiányos az előadókészség, amely a jövőbeli mérnöki karrierben alapvető fontosságú.

További kihívást jelent a mérnöki logikus gondolkodásmódhoz, az alapelvekhez és a szükséges alapismeret-anyagokhoz való érdektelen hozzáállás. Paradox módon a hallgatók rendelkeznek komoly, de általában rendezetlen, internetalapú ismeretekkel, miközben csökken a műszaki területek iránti érdeklődés és motiváltság. Pozitív tendenciaként említhető, hogy sokan elfogadják a kihívásokat, amennyiben a feladattámasztó következetesen betartja ígéreteit.

Az oktatási kihívások összetett természete

Ezek figyelembevételével a hadsereg különböző szegmenseiben, a hadmérnökök számára szükséges oktatási programokban a készségek és tapasztalatok gazdagítására szolgáló feladatok azonosítása, intenzív fejlesztése és eszközökkel, laborokkal való ellátása összetett kihívást jelent. A probléma komplexitását tovább növeli, hogy a változások dinamikája miatt a képzési tartalmakat folyamatosan aktualizálni szükséges.



1.2. ábra. A hibrid hadmérnökképzés folyamata

Forrás: a szerző szerkesztése

Javaslat a hibrid hadmérnökképzési struktúra kialakítására

A hibrid hadmérnökképzés alapelvei és elvárásai

Az 1.2. ábra áttekinti a javasolt hadmérnökképzési struktúrát, amely ötvözi a magyar egyetemek felsőfokú műszaki képzéssel kapcsolatos kihívásait a katonai speciális elvárásokkal. Ebben a hibrid képzési formában kihasználhatók a műszaki tanszékek erős kompetenciái és oktatói-laboratóriumi kapacitásai, miközben csökkenthető és részben kiküszöbölhető a meglévő hiányosságok hadmérnökképzésre gyakorolt hatása. Kiszűrhető néhány egyetem által meghirdetett, de laborok vagy akkreditálható oktatók hiányában nem teljes képességek bevonása a képzésbe.

A jelenleg folyamatban lévő képzésekhez képest ennek lényege, hogy a különböző egyetemeken folyó mérnöki tanulmányok tematikáit és órastervezetét összehangolják és kiegészítik a speciális katonai parancsnok- és hadmérnökképzés elvárásaival. Ezeket az NKE és a honvédelmi kutatási-fejlesztési tevékenységet folytató szakképzett tisztí állomány közösen dolgozza ki, és hajtja végre, az idevonatkozó Képzési és Kimeneti Követelmények (KKK), valamint Programtervek (PTT) elvárásai alapján.

A hibrid képzési modell sarokkövei

Az elképzelés koordinátora és a képzés színvonalának felügyelete az NKE és az oktatást megrendelő szervezetek feladata. Az elképzelés sarokkövei több alapelvet foglalnak magukban.

Elsődleges követelmény az elvárt beiskolázási létszám, amely minimálisan tíz főt jelent. A képzés alapja a kihívásalapú képzési módszer, amely magába foglalja az 1.2. táblázat elvárásainak teljesülését, és 30%-os lemorzsolódással számol. Ez hasonló az IEEE által jelzett legszínvonalasabb konferenciák elutasítási rátájához. A legjobbaknak is meg kell tanulniuk kezelni a „katonaszerencse hiányát”.

Fontos alapelv, hogy a parancsnokok és a hadmérnökök tananyaga $35\pm 5\%$ -ban megegyezik. A hadmérnöki alapközet megszerzésének elvárása 50%-ban a katonai rátermettség és habitus, valamint 50%-ban az adott műszaki kar elvárásainak legalább közepes szintű teljesítése és az NKE által elvárt kiegészítő kompetenciák, tananyagok legalább jó értékeléssel való teljesítése.

Szakkolgozat és tudományos elvárások

A karon elvárt szakkolgozat témája az NKE-vel jóváhagyott és kidolgozásában tártémavezetővel biztosított nyílt besorolású dokumentum kell hogy legyen. A hadmérnöki mesterszakos dolgozatokban a Magyar Honvédség (MH) kutatási-fejlesztési elvárásaihoz illeszthető feladatot kell megoldani, amely szükség esetén titkosítható.

További, az elitképzéssel járó elvárás az Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) műszaki szekcióján való helyezések elérése, a nemzeti hovatartozás érzésének erősítése, valamint a kapcsolatépítés a közeljövő közép- és felső vezetőivel. Ez elvárásként szerepel a hadmérnöki doktori képzésre való jelentkezés kritériumaiban.

Gyakorlati alkalmazás és értékelés

Feladatot jelent az elhangzó előadások katonai hasznosítási szempontok szerinti értékelése és az arra érdemesekről műszaki jelentések készítése. Például az OTDK által értékelt, katonailag is figyelmet érdemlő témák közé tartoznak: adott terület felett lebegő magaslégköri ballonok földmegfigyelési célokra történő alkalmazása, *in situ* radarperformancia-mérések drónplatformról, többszörösen kiterjesztett Kálmán-szűrő-alkalmazások, dróntechnológiák, valamint az orvosi mérőműszerek IoT-alapú kiértékelése.

A sikeres polgári mesterszakos diploma megszerzése után hadgyakorlat keretében, 72 munkaóra alatt sikeresen kell megoldani egy kihívásalapú szakfeladatot. Ilyen lehet például a drónelhárítás gépágyúra szerelhető mesterséges intelligenciával támogatott kvázi monostatikus érzékelőkkel, az alacsony költséggel megvalósítható, adott vármegyét lefedő, 800 méter földközeli magassági tartományban hatékony 15–20 ezer érzékelőt alkalmazó IoT-alapú több hullámsávú adatgyűjtő rendszer, ennek mesterséges intelligenciával támogatott információkiértékelése, valamint a mesterséges intelligenciával támogatott 3D-nyomtatással gyártott hatékonyságnövelő többfeladatú drónplatform.

A végzős mesterszakos hadmérnökök 30%-a kapja meg az „elit hadmérnök” érdemérmet, amely elismerés a kiváló teljesítményt és a jövőbeli vezetői potenciált jelzi.

A hadmérnökképzés alapkövetelményeinek kidolgozását segítő oktatási tapasztalatok

A Debreceni Egyetem Műszaki Kara oktatási tesztjének környezetfejlesztése

A műszaki karok értékkeremtő, ugyanakkor piacorientált és folyamatos változásban lévő mérnökképzési tematikáihoz az elvárt kezdeti és kimeneti képességek azonosítása és meghatározása folyamatos feladat. A Debreceni Egyetem Műszaki Karán (DEMK) kifejlesztett oktatási tesztkörnyezet a legújabb kutatási eredmények által meghatározható és elvárt készségek, képességek fejlesztésére, valamint a tananyagok hatékony elsajátítására fókuszál.

Ennek az oktatási módszernek kezdeményezője, végrehajtója és a hatékonyságát értékelő munkacapat tagja voltam. Lényege egy modern ipari, üzleti és részben

katonai elvárásokat is magában foglaló struktúra szimulációja, amely magában foglalja a tipikus emberi interakciókat (utasítások, objektív és szubjektív értékelés) és szerepeket (például főnök, mérnök, munkatársak, ügyfelek), a mindennapi mérnöki munka formális elemeit (például dokumentáció, prezentáció, beszámoló), valamint az önszerveződést (együttműködés, ötletmegosztás, időgazdálkodás).

Az oktatási környezet alapfeltevései

Az oktatási környezet három alapfeltevésre épül. Elsősorban feltételezi, hogy a műszaki szakmaspecifikus ismeretanyag megszerzése kiemelt jelentőségű. Másodsorban az oktatásraallokált időkeretek változatlanok maradnak, miközben a „puha készségek” és az „attitűdök” szintén fontos alapjai a sikeres karriernek. Harmadsorban az alfa generáció „puha készségei” nincsenek összhangban az ipari vállalatok és a hadsereg igényeivel.

A kihívásalapú oktatási módszer elemei

A tanulmányi programok utolsó szakaszaiban az oktatók tapasztalatain alapuló interaktív, kihívást jelentő környezet elősegíti a hallgatói szakmai készségek elsajátításán túlmenően az olyan „puha készségek” és viselkedési formák kifejlődését, amelyek megfelelnek a szakterületen támasztott elvárásoknak. A módszer fő jellemzői speciális részfeladatokhoz kapcsolva a következő területeket ölelik fel: iparban jelentkező mindennapi feladatok és elvárások (kis feladatok gyűjtése), a személyiség és a környezet megismerése (kis feladatok kidolgozása), a mérnöki gondolkodásmód és íráskészség fejlesztése (műszaki beszámolók benyújtása), a projektszemlélet és csapatmunkakészség fejlesztése (csapatmunka-feladatok), a kommunikációs és prezentációs készség fejlesztése (műszaki előadás), a kurzus-specifikus műszaki ismeretek és az általános mérnöki intelligencia felmérése („agykarbantartás” tesztek), valamint a tudományos kutatási-fejlesztési tevékenységekre való kihívásalapú felkészítés.

Az 1.1. táblázat részletezi a javasolt kihívásalapú oktatási módszer fő elemeit. A *kis feladat* (KF) a kurzushoz kapcsolódó kihívásokat jelent, minél nagyobb gyakorisággal. A *műszaki beszámoló* (MB) másfél-két oldalas strukturált jelentés a főnöknek, amelyet 3–5 alkalommal kell elkészíteni szemeszterenként. A *csapatmunka* (CsM) 3–4 közel azonos képességű fő csapatfeladatát jelenti, amelyet

1.1. táblázat. A javasolt kihívásalapú oktatási módszer fő elemei

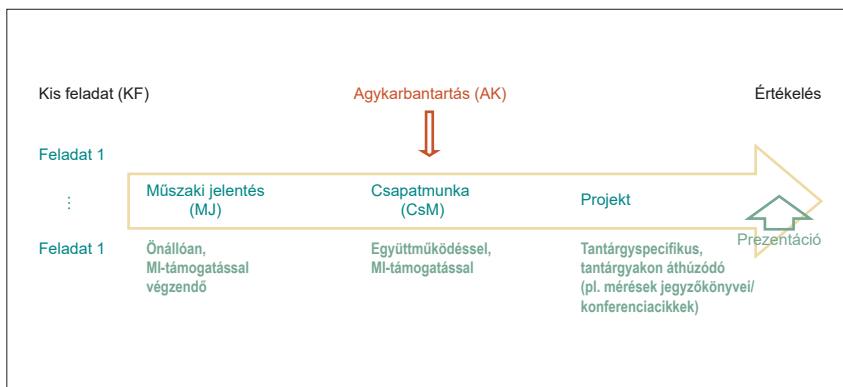
Feladat	Típusa	Gyakorisága
Kis feladat – KF	A kurzushoz kapcsolódó kihívások	Amennyi lehetőség*
Műszaki jelentés – MJ	1,5–2 oldalas strukturált jelentés a főnöknek	3–5 szemeszterenként*
Csapatmunka – CsM	Közel azonos képességű 3–4 fő csapatfeladata	2 szemeszterenként*
Agykarbantartás – AK	30 kérdéssel reprezentált tananyagokból 20 megválaszolása 90 perc alatt	1 szemeszterenként, háromszor ismételtető
Prezentáció – Pr	Szöbeli vizsga is, kötelezően: 10+2 dia, 10 perc	1 szemeszterenként

Forrás: a szerző szerkesztése

Megjegyzés: * az MI-használat ajánlott, de az AK és a Pr csak ezek nélkül teljesíthető;

** az MJ és a CsM házi feladata eLearningben jegyzett és egyszer 10 napon belül javítható.

két alkalommal hajtanak végre szemeszterenként. Az *agykarbantartás* (AK) 30 kérdéssel reprezentált tananyagokból 20 megválaszolását jelenti 90 perc alatt, amelyet szemeszterenként egyszer, háromszor megismételhetően kell teljesíteni. A *prezentáció* (Pr) szóbeli vizsgaként is funkcionál, kötelezően 10+2 diával, 10 percben, szemeszterenként egyszer.



1.3. ábra. A kihívásalapú oktatási metodika tevékenységi sorrendje

Forrás: a szerző szerkesztése

Az 1.3. ábra mutatja a tanulási célok és a feladatok sorrendjét és kapcsolatait, míg az 1.2. táblázat bepillantást nyújt az egyes feladatok értékelésébe.

A részfeladatok részletes ismertetése

A KF olyan műszaki probléma vagy kérdés, amellyel a mérnökök mindennapi tevékenységük során találkozhatnak. A hallgatóknak fel kell mérniük a műszaki, pénzügyi és vezetéssel kapcsolatos követelményeket, a szükséges erőforrásokat, és megvalósítható javaslatot kell tenniük. A KF-ek kiindulást jelentenek a kurzusfeladatok, például a műszaki jelentések és a csoportmunka kihívásainak megismeréséhez.

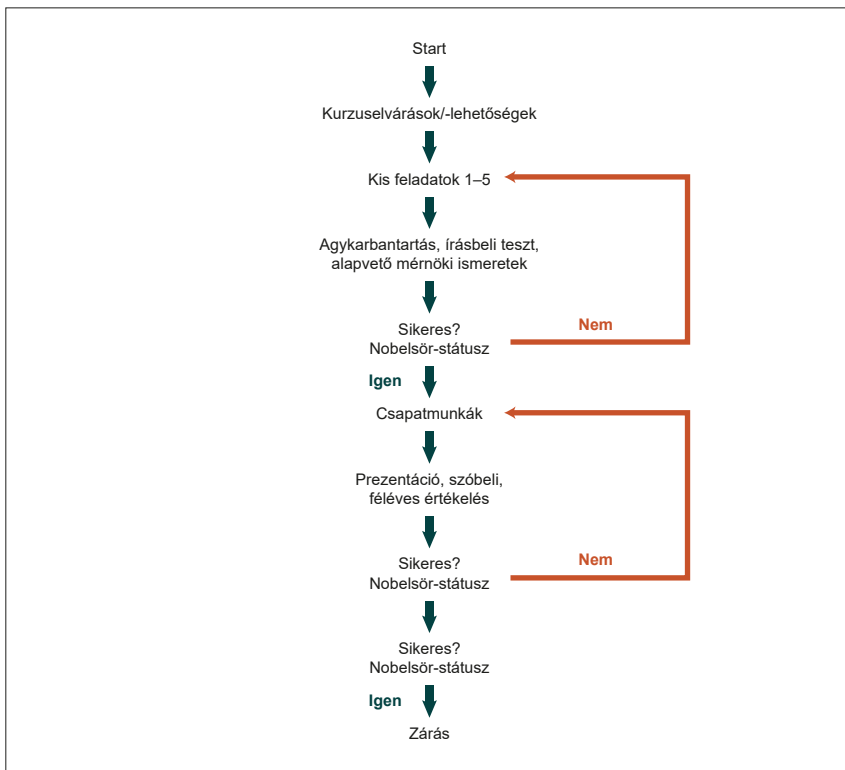
Az MB a főnöknek szóló dokumentum, amelynek terjedelme másfél-két oldal, Word 11 pontos formátumban, tömören, de szabatosan megfogalmazva. Szerkezete magában foglalja az absztraktot (10–15%, 5–6 sor), a kifejtést (50–70%), a bevezetést/*state-of-the-art* szakirodalmi összefoglalót és a javaslatot, a lényegi összefoglalót megjelenítő ábrával, amely 5 × 7 centiméter, a konklúziót (10–15%, 5–6 sor), valamint az irodalomjegyzéket (10–15%).

1.2. táblázat. *A hallgatók szemeszteri tevékenységeinek értékelése*

Feladat	Értékelés	Megjegyzés
Kis feladat – KF	A MJ és a CsM feladatának megfogalmazása során	Folyamatosan
Műszaki jelentés – MJ	1 db Ns: 3 db 90%-osnál (4 db – 80%) jobb MJ-ért; extra Ns, ha 5 db 90%-os MJ	Ns: Nobel sör (virtuális elismerés)
Plusz munkák, például műszaki cikk írása	1 db Ns: ha a nemzetközi konferencia szervezői elfogadják	Folyóirat- és/vagy konferencia-követelmény
Csapatmunka – CsM	1 db Ns, ha 90% minden csapattagnak	Max. 2 Ns/szemeszter
Agykarbantartás – AK	Ha sikertelen, a fél éves munka érvénytelen	Nincs Ns
Prezentáció – Pr	Jelentés bármilyen releváns témában, kérdések	Nincs Ns

Forrás: a szerző szerkesztése

A CsM egy KF vagy KF-ek kombinációjának részletes kidolgozását jelenti, amelyet 3-4 fős csapatok végeznek. A csapattagokat MJ-értékelésük alapján a tanár állítja össze, a legjobbak a legjobbakkal, a gyengék a gyengékkel elv alapján. A csapat szervezi meg a feladat elvégzéséhez szükséges tevékenységeket, valamint



1.4. ábra. Az oktatási folyamat kihívásainak értékelési kapcsolata

Forrás: a szerző szerkesztése

azonosítja és összehangolja a tagok kompetenciáit. A félév elején a tanár értékeli a feladatokat. Később a csapatok értékelik egymás munkáját, ezáltal gyakorolják a kritikai szemléletet. Ez a konstruktív kritikai megközelítés motiváló, és a diákok tanulnak egymás hibáiból.

Az AK a hagyományos, formális tesztekhez hasonlít, de speciális tartalma és célja van, mivel az aktuális tananyag felmérésén túl olyan mérnöki közösségi követelményeket is szimulál, ahol a mérnöki intelligencia hiánya kínos helyzetekhez vezethet, és befolyásolhatja az illető elismertségi szintjét. A kurzusok elején e-learning-környezetben mintakérdések és -válaszok formájában felmérhetők az elvárások és a lehetőségek. A hallgatók által is ismert harminc kérdéskör közül húsz kérdésre kell helyesen válaszolni ahhoz, hogy a teszt megfeleljen.

Néhány fontos AK-kérdéskategória magában foglalja a matematikát (például számrendszerek, lineáris algebra és statisztika), a menedzsmentet (például elvárások egy jó mérnökkel szemben, elvárások a csapatmunkában, a csapatmunka jellemzői, érvelési és tárgyalási technikák, személyiség típusok és a projektmenedzsment elemei), valamint a szakmai ismereteket (például az elektromágneses spektrum jellemzői, az érzékelők performancijellemzőinek meghatározása, a jelfeldolgozás elemei, transzformációk, Ipar 4.0 és 5.0, a mesterséges intelligencia alkalmazása).

A Pr zárja a szemeszttert, amely szóbeli vizsgaként működik. A témák hasonlóak a félév során az MB-ben vagy a CsM-ben kidolgozottakhoz. A valós tudás mérése érdekében a hallgatók, a félévközi feladatokkal ellentétben, nem használhatnak külső forrásokat (például tablet, internet, mesterséges intelligencia). A Pr szerepjátékos gyakorlat, amelyben a tanár a „főnök”, a vizsgázó a „beosztott”, a hallgatótársak pedig a „kollégák” vagy az „ügyfelek” szerepét játsszák. Ez a feladat lehetőséget ad a tanulóknak, hogy fejlesszék előadói készségeiket. A szigorú időkorlátoknak köszönhetően a hallgatók megtanulják, hogy tömören mutassák be témáikat. A módszer a mérnöki pályafutás fontos eleme, például állásinterjúk, műszaki beszámolók, projektek bemutatásakor.

Az 1.4. ábra szemlélteti az „agykarbantartás” és „Nobel sörök” kihívásalapú oktatási módszerének értékelési folyamatát. Természetes elvárás, hogy a mérnöki tevékenység megfeleljen a műszaki szabványoknak, a gyártástechnológiai elvárásoknak és a megrendelői igényeknek, miközben figyelembe veszi a rendelkezésre álló erőforrásokat és határidőket. A részfeladatok célirányosak és átfedik egymást, hogy elősegítsék a mérnökhallgatókban a felelősségvállalással kapcsolatos ismeretek gazdagodását. Ezt hivatott elmélyíteni a tanár által provokált *Lázadás és kezelése* teszt, amely az AK és a Pr feladat között valósul meg. A gyakorlatban csak kétszer sikerült kivitelezni, de a hallgatók számára jelentős kihívással, tapasztalatbővüléssel és motivációemeléssel járt.

A DEMK-módszer eredményességének értékelése

A hatékonysági mutatók elemzése

A módszer hatékonyságát részletesen elemezték és értékelték a hazai és a nemzetközi szakfolyóiratokban (KOC SIS – BURJÁN-MOSONI – BALAJTI 2025; BURJÁN-MOSONI – BALAJTI – KOC SIS 2025). Az elért eredmények szemléltetését szolgálja

az 1.3. táblázat. Ez által csak részleges értékelés lehetséges, mivel a módszer a különböző tananyagok és előadói tevékenységek speciális kombinációja, de a feladatokhoz kapcsolódó hatékonyság értékelhető.

1.3. táblázat. A hallgatói tevékenységek eredményessége

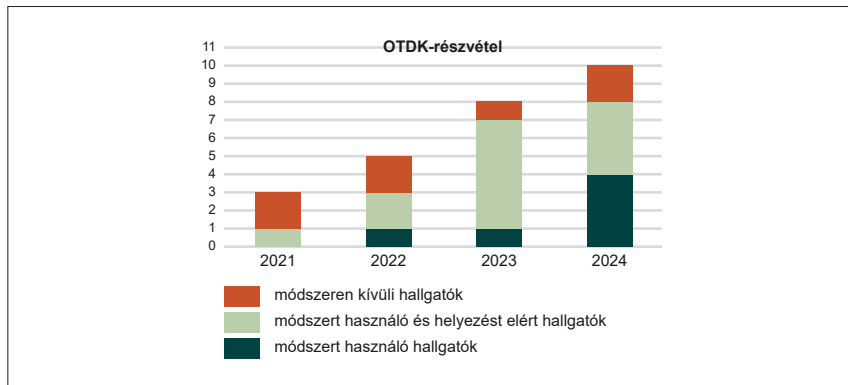
AK	MJ1	MJ2	MJ3	MJ4	CsM1	CsM2	Pr	Jegy	
1,00	0,31	0,47	0,42	0,45	0,13	0,18	0,53	0,49	AK
	1,00	0,41	0,47	0,37	0,23	0,25	0,51	0,58	MJ1
		1,00	0,70	0,55	0,34	0,26	0,53	0,62	MJ2
			1,00	0,52	0,22	0,45	0,50	0,50	MJ3
				1,00	0,12	0,36	0,45	0,38	MJ4
					1,00	0,27	0,23	0,16	CsM1
						1,00	0,11	0,34	CsM2
							1,00	0,78	Pr
								1,00	Jegy

Forrás: a szerző szerkesztése

A 191 hallgató munkájának elemzéséből kiderül, hogy a Pr, amely egyben a tantárgyak szóbeli vizsgáinak átlaga, a leghatékonyabb a hallgatói teljesítmény tekintetében (0,78 korrelációs együttható). Ezt követi az MJ2 és az MJ1 mérsékelt korrelációval (0,62 és 0,58). Míg a CsM1 és a CsM2 gyenge korrelációt mutat a jegyekkel (0,16 és 0,34), ugyanakkor a hallgatói interjúk és visszajelzések kiemelik fontosságukat a „puha készségek” fejlesztésében. Ezért a hangsúlyt a Pr-ek és az MJ-ek fejlesztésére kell helyezni, miközben a csapatmunkával kapcsolatos feladatokat is tovább kell fejleszteni a hosszú távú előnyök miatt.

A tudományos tevékenység eredményei

Vizsgáltuk a hallgatók hazai OTDK- és nemzetközi konferenciákon, folyóiratokban való publikálási eredményességét. Az 1.5. ábra szemlélteti a módszer tudományos tevékenységek területén elért eredményeit. Látható, hogy az új módszerben tanított diákok egyre gyakrabban és sikeresebben vesznek részt ezekben a tevékenységekben. A benyújtott dolgozatok számának növekedése mellett a díjazott hallgatók száma is jelentősen megnőtt.



1.5. ábra. Az oktatási folyamat hatása a tudományos tevékenységre

Forrás: a szerző szerkesztése

A kísérleti oktatások tapasztalatai megerősítik, hogy a mérnökképzést célszerű olyan mérnökstanári tevékenységnek tekinteni, ahol a képzési laborok vagy az oktatók felkészültsége heterogén, mivel az ismétlések és átfedések következtében, valamint a hallgatók megnövelt aktivitása miatt az oktatás színvonala a hagyományos módszerekhez képest emelkedik. Ez azt jelzi, hogy a módszer elősegíti a magas színvonalú tudományos munkák létrejöttét, egyben a kreatív hadmérnökök képzését.

Kimutatható, hogy más pedagógusok, érzékelve az eredményeket, elfogadják az ilyen kihívásokat, és szintén fejlesztik oktatási módszerüket. A módszer széles körben alkalmazható *Oktatók képzése program* formájában a hasonló szakmai háttérrel nem rendelkező oktatók számára. A kidolgozott módszer eredményei részletesen megismerhetők a vonatkozó publikációkban, és hatékonysága összevethető más *state-of-the-art* módszerekével.

A hadmérnökképzéshez kapcsolódó képességfejlesztő feladatok

Általános elvek és követelmények

A célok elérésére általánosan alkalmazható elvek és követelmények a hallgatói motiváltság erősítésére három alapelvet fogalmaznak meg. Elsőként csak valós elvárásokat szabad megfogalmazni, például: „Az élet igazságtalan”, „Környezetünk

tisztességtelen velünk szemben”, „Egy háborúra úgy is fel lehet készülni, hogy nagy valószínűséggel túléljük” – felmerül a kérdés, mi a célunk.

Másodsorban a történelmi elődök, a nagy múltú intézmények (például a Magyar Királyi Haditechnikai Intézet) visszaállítása legalább névleg, a magyar Nobel-díjasok és katonai vezetők, mérnökök példaképként történő bemutatása szükséges. Harmadsorban az újfajta nemzeti megközelítéseken és élenjáró hazai műszaki megoldásokon nyugvó motivációerősítés megvalósítása indokolt.

A közös hadmérnökparancsnok képzés elvárásai

A közös hadmérnökparancsnok képzés „puha készségei”

A modern hadmérnökképzés nem korlátozódhat pusztán a műszaki ismeretek átadására, hanem komplexen kell kezelnie a vezetői-irányítói és a kommunikációs kompetenciák fejlesztését is. A tűz-, baleset-, egészség- és katasztrófavédelem területén a szabványok fontosságának megértése, a mérnöki tervezési elvárások elsajátítása és a logisztikai szemléletmód kialakítása alapvető követelmény. Az érvelés- és tárgyalástechnika területén különös hangsúlyt kap az érzelmileg átítatott műszaki jelentések logikus elemzése és a tények objektív értékelése. A katonai alapelvek mindennapi körülmények közötti alkalmazása praktikus jelentőséggel bír, amelyre példaként szolgálhat „az utcai verekedés hét alapszabálya” típusú gyakorlati útmutatások elsajátítása. A projektszemlélet erősségei és hátrányai mellett annak hatékony megvalósítási kihívásait is meg kell ismerniük a hallgatóknak. A CsM jelentősége mellett annak hatékony megvalósítási nehézségeit is fel kell tárni. Külön figyelmet érdemel a lázadás provokálásának és kezelésének metodikája, amely kritikus helyzetek során nélkülözhetetlen vezetői kompetencia.

Szintspecifikus képzési követelmények

BSc-szintű elvárások

A BSc-szintű hadmérnökképzésben minden mérnöknek tudnia kell 30 ismert kérdés közül egyet sikeresen megválaszolni. Amennyiben a válasz nem helyes vagy pontatlan, a vizsga azonnal elégtelen eredménnyel zárul. Az ilyen alapvető témakörök közé tartozik a Gauss-féle eloszlás- és sűrűségfüggvény, a központi

határeloszlás tételének jelentősége és alkalmazási formái, a kovariancia és a normalizált kovariancia fogalma, valamint a Fourier-sorok és az FFT alkalmazása. A kiberfizikai (IoT-) rendszerek fejlődésének és hadtudományi jelentőségének megértése alapvető elvárás. A természetes és mesterséges információfelvétel, az érzékszervek működése, az érzékelés és az észlelés folyamatai, valamint a döntéshozatal különböző módjai mind-mind a modern hadmérnök alapkompenciáihoz tartoznak. Az elektromágneses spektrum használata során az érzékelők hullámhosszfüggésének sajátosságait, az aktív és passzív érzékelők, valamint a radarok működését és jelentőségét kell elsajátítani. A Laplace- és a Z-transzformáció, az RF-szűrőtípusok jellemzői, az adaptív szűrők, valamint a DRFM (digitális rádiófrekvenciás memória) katonai alkalmazásai szintén a kötelező tananyag részét képezik. A fejlett vezetéstámogató rendszerek (ADAS) érzékelő, értékelő és vezérlőrendszereinek megismerése, a kvázi monostatikus érzékelők és antennák elektromágneses spektrumbeli működése, az interferometria, a mikro_hullámú holográfia és a polarimetria alapjai ugyancsak elengedhetetlenek. A kvantum-érzékelők, -kiegészítők, -számítógépek és -kommunikációsrendszerek katonai alkalmazási területeinek áttekintése zárja a BSc-szintű követelményeket.

MSc-szintű elvárások

Az MSc-szintű képzés zárt előadások formájában történik, a hadmérnökképzés előzetes elvárásaihoz igazítva. A nemzeti érdekérvényesítés nemzetközi szinten történő megvalósítása központi témakör, amely magában foglalja mind a nemzeti képviselői, mind a polgári alkalmazotti szerepkört, azok előnyeivel, hátrányaival, lehetőségeivel és kihívásaival együtt. A katonai kutatás-fejlesztés területén a NATO STO/RTO (NATO Science and Technology Organization/NATO Research and Technology Agency) működésének megismerése, a globalizációs hatások érvényesülésének elemzése, valamint a profitorientált és hatékonyságorientált katonai képességek sajátosságainak feltárása alapvető fontosságú. A *train the trainer* elv előnyeinek és hátrányainak mérlegelése szintén a tananyag része. A kiberbiztonság és az elektronikai harc kapcsolatrendszerének megértése, a katonai erő mérnöki értelmezése és összetevőinek mechatronikai szemléletű elemzése további kulcsfontosságú témakörök. A 3D-nyomtatás katonai alkalmazásai műanyagok, fémek és ferromágneses anyagok esetében, a mesterséges intelligencia használata és az az általa támogatott feladatok megtévesztési lehetőségei, valamint a drónokkal megvalósuló kis magasságú légvédelmi és légierő-tevékenység mind-mind az

MSc-szint követelményei közé tartozik. Az ezer méter alatt tevékenykedő légi célok felderítése, útvonalba fogása és azonosítása nagy tömegben telepített olcsó érzékelő rendszerekkel, valamint a hiperszonikus eszközök felderítési, útvonalba fogási és azonosítási elvárásainak és lehetőségeinek megismerése szintén elengedhetetlen. A tömeges drón- és ballisztikusrakéta-támadás kivédési lehetőségei, az önrávezető minirakétákat hordozó platformok (drónok, repülő, nagy hatótávolságú rakéták és magaslégköri platformok) működésének elemzése zárja az MSc-szintű követelményeket.

PhD-szintű elvárások

A hadmérnöki PhD-szint magas szinten zárt előadások keretében valósul meg. A katonai kutatási-fejlesztési tevékenységekhez kapcsolódó megtévesztési módszerek és eljárások részletes elemzése adja a képzés alapját. A *CubeSat* méretű kvázi monostatikus többfrekvenciás érzékelő WAN-alapú rendszerek drón- és alacsony műholdpálya-alkalmazásokban történő felhasználásának vizsgálata speciális szaktudást igényel. A hadtudományi megtévesztés matematikát alkalmazó elveinek és módszereinek elsajátítása a legmagasabb szintű szakmai kompetenciát képviseli.

Következtetések és jövőbeli kilátások

A digitális átalakulás hatásai

A digitális világ folyamatos technológiai változásai jelentős hatással vannak a mérnökök új generációinak tudására és hozzáállására, valamint a mérnökvilágon belüli kapcsolatokra. A korszerű mesterséges intelligenciával támogatott eszközök, berendezések, érzékelők és adatkiértékelési módszerek széles körű elterjedése, különösen a drónokkal és robotokkal kapcsolatos alkalmazások terén, paradigma-váltást hoz a hadmérnökképzésben.

Ez a változás kettős hatású folyamat. Egyrészt a hallgatók találkoznak az ipar és a haderő által használt új digitális technológiákkal, gyakorlati tapasztalatot szereznek azok alkalmazásáról. Másrészt azonban a fiatalok tapasztalatai a virtuális világ felé tolnak el, miközben a mérnöki munka valós fizikai tapasztalatokat, valós eszközök és fogalmak ismeretét, valamint az összefüggések és jelenségek alapos megértését igényli.

Fontos felismerés, hogy ma már nem a kifinomult, főként írásbeli kommunikáció dominanciája akadályozza a szükséges kommunikációs készségek fejlődését, hanem az elképzelések beszűkülése jelenti a legnagyobb kihívást. Ezek a problémák halmozottabban jelentkeznek a haditechnika kutatási-fejlesztési és élettartam-fenntartási területein.

Történelmi hagyományok és példaképek

A magyar hadtörténelem kiemelkedő személyiségei útmutatóul szolgálnak a kortárs hadmérnökképzés számára. Hunyadi János és Szilágyi Erzsébet, Dobó István és Bornemissza Gergely, Zrínyi Miklós és Zrínyi Ilona, Esze Tamás és Vak Bottyán, Klapka György és Gábor Áron, Stromfeld Aurél, Bay Zoltán és Jáky József, Kármán Tódor és Teller Ede, valamint Krausz Ferenc katonai téren felmutatott teljesítményei kijelölik az utat a kor elvárásaihoz illeszkedő hadsereg tisztikarának szellemi elvárásaihoz.

A hibrid hadmérnökképzés előnyei és kihívásai

A kihívásalapú hibrid hadmérnökképzés költséghatékony megoldást kínál a modern elvárások teljesítésére. Előnye, hogy erősíti a tisztai állomány társadalmi elfogadottságának szintjét, integrálja az Ipar 4.0/5.0 által nyújtott műszaki környezetet, valamint az élenjáró, már alkalmazott és folyamatosan bővülő egyetemi karok által kínált képességeket a speciális katonai elvárásokkal.

További előnye az elképzelésnek, hogy a lehetőségek kihasználásával a nagy értékű katonai berendezésekhez rövid határidővel kiegészítő eszközöket lehet kifejleszteni és integrálni. Idetartoznak a több hullámsávban, párhuzamosan üzemelő kvázi monostatikus érzékelők, a mesterséges intelligenciával támogatott aktuátorok, drónok, a kvázi monostatikus érzékelőkkel rendelkező gépágyúk és minirakéták.

Ezekkel a megoldásokkal egyrészt jelentősen emelhető ezen eszközök védelmi szintje, másrészt növelhető támadási potenciáljuk. A módszer alapja, egyben hátránya azonban, hogy az oktatók leterheltsége növekszik, és a minőségi hadmérnökképzés színvonalának fenntartása csak a hazai egyetemekkel való jól felmért és általuk támogatott együttműködés formájában valósítható meg.

A társadalmi elismerés szükségessége

Természetes követelmény, hogy a hadmérnökök rendkívül nagy hozzáadott értéket képviselő munkáját és tevékenységét csak kiemelt erkölcsi és anyagi elismeréssel lehet eredményesen végrehajtani. Ez nemcsak a szakmai motiváció fenntartása szempontjából fontos, hanem a társadalmi presztízs és a pályaválasztási vonzerő biztosítása érdekében is elengedhetetlen.

REFLECTIONS ON THE NEED AND EXPECTATIONS OF
EDUCATION 5.0-BASED MILITARY ENGINEERING EDUCATION:
HOW TO TRAIN ISTVÁN DOBÓ AND GERGELY
BORNEMISSZA IN AN INDUSTRY 5.0 ENVIRONMENT?

The era of Industry 4.0 (I4.0) and 5.0 (I5.0) requires efficient human-machine interaction supported by artificial intelligence (AI), mass production enabled by robots, and the exploitation of opportunities offered by dual-use tools and systems such as drones and sensors in military engineering research, development, and innovation. The introduction of new skills requires rigorous preparatory work and the development of effective knowledge-transfer methods that adapt to the constantly changing needs of military engineering education, recognizing and exploiting the opportunities of Education 4.0 (E4.0) and 5.0 (E5.0) personalized requirements. This study aims to review the elements and possibilities of competence and personality development in military engineering university-level education, including elite training, pedagogical expectations, and the need for extensions and integration into education at Ludovika University. By introducing the methods presented in this study, it is possible to train military engineers who can effectively address the challenges of developing innovative technical solutions and evaluating AI-supported Internet of Things (IoT) sensor networks in war theaters aligned with I4.0 and I5.0 opportunities, exploiting ad-hoc creative on-site development opportunities of military equipment.

Keywords: military engineering education, Industry 4.0/I5.0, Education 4.0/E4.0, AI-supported solutions, sensor networks, drones, robots

Felhasznált irodalom

BAIDAL-BUSTAMANTE, Eduardo Fernando – MORA, Carlos Eduardo – ALVAREZ-ALVARADO, Manuel Sebastian (2023): STEAM Project-Based Learning Approach to Enhance Teaching-Learning Process in the Topic of Pascal's Principle. *IEEE Transactions on Education*, 66(6), 632–641. Online: <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3285847>

- BURJÁN-MOSONI, Bernadett – BALAJTI, István – KOCSIS, Imre (2025): Expanding Soft Skills Development Across Undergraduate Engineering Education. *Transactions of the SDPS: Journal of Integrated Design and Process Science*, under review.
- CHEW, Sie Wai et al. (2020): Enhancing Critical Thinking Skills of Elementary School Students through Collaborative Learning. In *2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. Tartu: IEEE, 249–253. Online: <https://doi.org/10.1109/ICALT49669.2020.00082>
- HAIG, Zsolt – ILLÉSI, Zsolt – VARGA, Péter János (2022): Possibilities of Electronic Jamming of WLAN Networks in the Physical Layer. *Hadmérnök*, 17(3), 133–152. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.9>
- HORVÁTH, Imre (2025): We Pretend to Have Some Solutions ... But Do We Understand the Problems as a Whole? *Journal of Integrated Design and Process Science*, Article 10920617251346927. Online: <https://doi.org/10.1177/10920617251346927>
- HORVÁTH, Imre – ÁBRAHÁM, György (2025): Transdisciplinary Shifts in System Paradigm-Driven Disciplines: Mechatronics as an Example. *Transdisciplinary Journal of Engineering and Science*, 16, 177–207. Online: <https://doi.org/10.22545/2025/00276>
- KIS, Kornél Ágoston et al. (2023): Quarter Car Suspension State Space Model and Full State Feedback Control for Real-Time Processing. In *2023 Signal Processing Symposium (SPSymposium)*. Karpacz: IEEE, 73–78. Online: <https://doi.org/10.23919/SPSymposium57300.2023.10150601>
- KOCSIS, Imre – BURJÁN-MOSONI, Boglárka – BALAJTI, István (2025): A Comprehensive Review of Key Cyber-Physical Systems, and Assessment of Their Education Challenges. *IEEE Access*, 13, 8898–8911. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3527714>
- KOCSIS, Imre – KORONDI, Péter (2024): On the Reorganization of Mathematics Education Motivated by New Challenges in Engineering. In *2024 IEEE 11th International Conference on E-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)*. Chicago: IEEE, 1–6. Online: <https://doi.org/10.1109/ICELIE62250.2024.10814890>
- KOVÁCS László (2023): *Hadviselés a 21. században: Kiberműveletek*. Budapest: Ludovika. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/21611>
- KOVÁCS László – KRASZNAY Csaba (2024): Digitális Mohács 3.0. *Hadtudomány*, 34(3), 40–55. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2024.34.3.40>
- LIPPAI Péter (2025): *A nemzeti haderő építése, a tisztképzés jelene és jövője*. Előadás. Budapest, Stefánia Palota, 2025. március 13. Online: https://mhht.eu/bazisadatok/SZAKOSZTALY/KISS_KAROLY_KLUB/A_nemzeti_hadero_epitese_.pdf
- MAJOR Gábor – SZILVÁSSY László – BÉKÉSI Bertold (2024): Drón-ökoszisztéma a repülőtereken a 21. században. In DÖMÖTÖR Csaba (szerk.): *Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2024: Konferencia előadások kivonatai*. Debrecen: MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága.
- ORTHEY, Frank Michael (1999): *Schlüsselqualifikationen an Deutschen Hochschulen: Konzepte, Standpunkte und Perspektiven*. Neuwied–Kriftel–Berlin: Luchterhand, 1–121.
- SRAVANTHI, Chaganti – DHARMAVARAPU, Pratibha – NEERAJA, Atluri (2024): Building Bridges: Teaching Programming through Problem-Based Learning in Mechanical Engineering. *Journal of Engineering Education Transformations*, 38(Special Issue), 222–228. Online: <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38i0/167234>
- VEST, Charles Martin (2006): Educating Engineers for 2020 and Beyond. *The Bridge: Journal of the National Academy of Engineering*, 36(2), 38–44. Online: <https://www.nae.edu/7633/EducatingEngineersfor2020andBeyond>