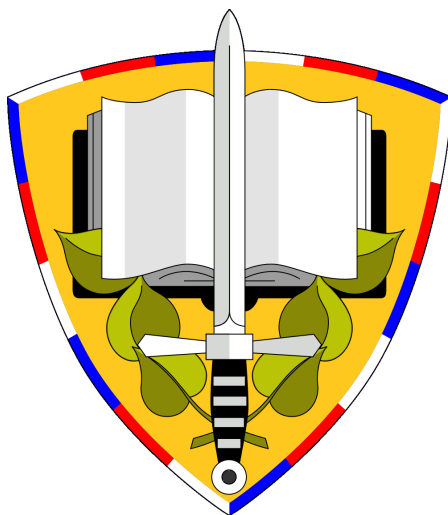


**UNIVERSITY OF DEFENCE / CZECH REPUBLIC
UNIVERZITA OBRANY / ČESKÁ REPUBLIKA**



**19th PhD Conference Proceedings
19. doktorandská konference**

**New Approaches to State Security Assurance
Nové přístupy k zajištění bezpečnosti státu**

**Published by University of Defence
Brno 2025**

Conference Steering Committee / Programový výbor

plk. gšt. doc. Ing. Martin VLKOVSKÝ, Ph.D. – předseda, proděkan
pplk. prof. Ing. Petr STODOLA, Ph.D.
prof. Ing. Ladislav POTUŽÁK, CSc.
prof. PhDr. Miroslav KRČ, CSc.
prof. PhDr. RSDr. František HANZLÍK, CSc.
doc. Ing. Miroslav PECINA, Ph.D.
plk. gšt. Ing. Jan DROZD, Ph.D.
Ing. Vítězslav JAROŠ, Ph.D.

Organization Committee / Organizační výbor

Ing. Vítězslav JAROŠ, Ph.D.
por. Ing. Ondřej BYRTUS
mjr. Mgr. Kamil FILIP
Ing. et Ing. Darya GOLUBENKO
npor. Ing. Bc. Kateřina HOCOVÁ
npor. Ing. Daniel KOREC
kpt. Ing. Josef KŘÍŽ
pplk. Ing. Jiří NOVOTNÝ
npor. Ing. Petr PROCHÁZKA
PhDr. Radka RYPL DUŠKOVÁ
mjr. Mgr. Lubomír SKŘIVÁNEK
kpt. Ing. Bc. Viktor VITOUL
Ing. Milan ŽILÍNEK

Editoři sborníku: Ing. et Ing. Darya GOLUBENKO, npor. Ing. Bc. Kateřina HOCOVÁ, PhDr. Radka RYPL DUŠKOVÁ

© Univerzita obrany
© Autoři příspěvků

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

Copyright © 2025

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without the prior permission of University of Defence in Brno University Press.

ISBN 978-80-7582-580-3

Vážení čtenáři,

sborník z 19. mezinárodní doktorandské konference pořádané Fakultou vojenského leadershipu Univerzity obrany rozvíjí téma **Nové přístupy k zajištění bezpečnosti státu – New Approaches to State Defence Assurance**.

Konference proběhla 20. března 2025 pod záštitou děkana fakulty – plukovníka gšt. Ing. Jana Drozda, Ph.D. za účasti zástupců studentů a akademických pracovníků z České republiky, Polska a Maďarska.

Na úvod konference svá témata prezentovali keynote speakři. Prvním vystupujícím keynote speakerem byl **Dr. Radosław Tyślewicz**, zmocněnec rektora-velitele pro mezinárodní mobility a institucionální koordinátor programu Erasmus+, Námořní akademie v Gdyni, Polsko, který prezentoval příspěvek s názvem: **The Baltic Sea – An Arena for Hybrid Threats**. Dalším keynote speakerem byla **Dr. Monika Wysocka**, oddělení rektora-velitele pro mezinárodní mobility, koordinátor programu Erasmus, Námořní akademie v Gdyni, Polsko, s tématem: **Terrorism in Sweden – New Reality for Scandinavian Countries Security System**. Za Českou republiku vystoupili s komplementárními tématy **plukovník gšt. doc. Ing. Martin Vlkovský, Ph.D.**, proděkan pro vědeckou činnost, vedoucí katedry logistiky, s prezentací: **Military Mobility – Recommendations for the TEN-T Development**, na jehož vystoupení navázal **doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA**, zástupce vedoucího katedry dopravní telematiky, České vysoké učení technické v Praze, s tématem: **Critical Infrastructure and Its Impact on the Military Mobility**.

Základním cílem konference bylo umožnit studentům doktorských studijních programů prezentovat výsledky svého výzkumu v oblasti bezpečnosti a obrany. Na konferenci byly prezentovány příspěvky zaměřené na vojenský leadership, řízení obrany státu, logistické zabezpečení, ochranu obyvatelstva a další oblasti korespondující s tematickým zaměřením konference.

Konference měla i edukační přesah ve formě kultivace přednesu jednotlivých prezentujících, schopnosti reagovat na dotazy a vhodně argumentovat, vč. představení použitých metod vědecké práce.

Sborník obsahuje úplná znění článků studentů doktorských studijních programů nejen tuzemských, ale i zahraničních vysokých škol a vzdělávacích institucí. Všechny články byly recenzovány v rámci vnitřního recenzního řízení odborníky z Univerzity obrany i mimo ni.

Na závěr mi, vážení čtenáři, dovoluťe vyslovit přesvědčení, že se společně setkáme na dalších úspěšných ročnících mezinárodní doktorandské konference pořádané Fakultou vojenského leadershipu Univerzity obrany.

plukovník gšt. doc. Ing. Martin VLKOVSKÝ, Ph.D.
proděkan pro vědeckou činnost
Fakulta vojenského leadershipu
Univerzita obrany

OBSAH

VYUŽITÍ UAV A UGV V RÁMCI BOJOVÉ ŽENIJNÍ PODPORY BĚHEM VÁLKY NA UKRAJINĚ: OPATŘENÍ K PODPOŘE I OMEZENÍ POHYBU VOJSK

MICHAL BILINA, LENKA BALUSOVÁ.....6

OPERAČNÍ DOMÉNA VESMÍR

ONDŘEJ BYRTUS.....22

AUTONOMNÍ SYSTÉMY V OZBROJENÝCH SILÁCH: VÝZVY A ÚSKALÍ PRÁVNÍ REGULACE

KAMIL FILIPI.....30

ÚSKALÍ IMPLEMENTACE EVROPSKÉHO PROGRAMU OBRANNÉHO PRŮMYSLU (EDIP)

DARYA GOLUBENKO.....41

NASAZENÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ ARMÁDY ČESKÉ REPUBLIKY PŘI POŽÁRU V NÁRODNÍM PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO

KATEŘINA HOCOVÁ.....52

MODERNIZACE VÝCVIKU DĚLOSTŘELECTVA AČR POMOCÍ SIMULAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

DANIEL KOREC.....59

MOŽNOSTI MODERNIZACE VÝCVIKU ZA POMOCI SIMULAČNÍCH TECHNOLOGIÍ V AČR

JOSEF KŘÍŽ.....67

THE STRATEGIC ROLE OF LOGISTICS IN SHAPING INTERNATIONAL RELATIONS: POWER, TRADE, AND SECURITY

VANESSA MARIANA MARTINS.....77

ARCHITEKTURA SYSTÉMŮ PRO PODPORU STRATEGICKÉHO ROZHODOVÁNÍ PRO VÝSTAVBU OZBROJENÝCH SIL

JIŘÍ NOVOTNÝ.....86

VÝZNAM PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBY PRO PROVOZ VOJENSKÉ TECHNIKY

PETR PROCHÁZKA.....93

RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ

RADKA RYPL DUŠKOVÁ.....98

KRITICKÉ MYŠLENÍ JAKO KLÍČOVÁ KOMPETENCE PŘÍSLUŠNÍKŮ OZBROJENÝCH SIL: VÝZKUMNÝ ZÁMĚR DISERTAČNÍ PRÁCE

LUBOMÍR SKŘIVÁNEK.....109

INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY A JEJICH ROLE PRO OBRANU STÁTU

TOMÁŠ TICHÝ..... 117

GEOSTRATEGIC IMPORTANCE OF THE BALTIC SEA - ANALYSIS OF THE INTENSIFICATION OF HYBRID THREATS DESPITE THE MILITARY SUPERIORITY OF NATO AND EU STATES IN THE AREA

RADOSŁAW TYŚLEWICZ..... 120

VLIV VIBRACÍ NA OBSLUHU DĚLOSTŘELECKÝCH ZBRAŇOVÝCH KOMPLETŮ: MOŽNOSTI MĚŘENÍ

VÍKTOR VITOUL..... 122

VOJENSKÁ MOBILITA – DOPORUČENÍ PRO ROZVOJ TEN-T

MARTIN VLKOVSKÝ..... 130

VYUŽITÍ UAV A UGV V RÁMCI BOJOVÉ ŽENIJNÍ PODPORY BĚHEM VÁLKY NA UKRAJINĚ: OPATŘENÍ K PODPOŘE I OMEZENÍ POHYBU VOJSK

USE OF UAV AND UGV IN COMBAT SUPPORT ENGINEERING DURING THE WAR IN UKRAINE: ENGINEERING ROLES IN MOBILITY AND COUNTER-MOBILITY

Michal BILINA¹
Lenka BALUSOVÁ²

Abstrakt

Válka na Ukrajině přinesla zásadní inovace v použití bezpilotních leteckých (UAV) a pozemních (UGV) bezpilotních systémů v ženijní podpoře vojenských operací. Tento příspěvek se zaměřuje na dvě klíčové oblasti. První oblastí je využití bezpilotních prostředků k minování, zejména pomocí improvizovaných metod a adaptovaných systémů schopných přesně umisťovat nástražná zařízení a miny. Druhou oblastí je využití těchto prostředků k odminování, kde drony slouží k detekci, označování a neutralizaci minových polí a výbušných zařízení. Na základě analýzy otevřených zdrojů, zejména sociálních sítí, byly identifikovány hlavní vývojové trendy v nasazení těchto technologií. Zatímco v prvních měsících konfliktu bylo využití bezpilotních prostředků pro ženijní úkoly spíše experimentální a izolované, současné poznatky ukazují na jejich systematickou integraci. Masivní nárůst využití těchto systémů reflektuje jejich rostoucí efektivitu při zpomalování pohybu nepřítele a zajištění mobility vlastních sil. Příspěvek přináší analýzu konkrétních metod a prostředků používaných v těchto operacích, včetně přehledu typů dronů a taktik jejich nasazení. Součástí práce je identifikace budoucích směrů vývoje autonomních ženijních systémů. Závěrem příspěvek shrnuje, jaké technologické a operační faktory přispívají k rostoucí roli bezpilotních prostředků v moderním bojišti, a jaké výzvy jejich masové nasazení přináší.

Klíčová slova:

minování, odminování, protipěchotní miny, protitankové miny, UAV, UGV, Ukrajina, ženijní podpora

Abstract

The war in Ukraine has brought major innovations in the use of unmanned aerial vehicle (UAV) and unmanned ground vehicle (UGV) systems in engineer support of military operations. This paper focuses on two key areas. The first area is the use of UAVs to mine, particularly through improvised methods and adapted systems capable of accurately placing booby traps and mines. The second area is the use of these assets for mine clearance, where drones are used to detect, mark and neutralize minefields and explosive devices. Based on an analysis of open sources, in particular social networks, the main developments in the deployment of these technologies have been identified. While in the early months of the conflict the use of drones for engineer tasks was rather experimental and isolated, current findings point to their systematic integration. The massive increase in the use of these systems reflects their growing effectiveness in slowing enemy movement and ensuring the mobility of their own forces. This paper provides an analysis of specific methods and means used in these operations, including an overview of drone types and tactics for their deployment. The paper includes the identification of future directions for the development of autonomous engineer systems. Finally, the paper summarizes what technological and operational factors contribute to the growing role of unmanned assets in the modern battlefield, and what challenges their mass deployment poses.

Key words:

antipersonnel mines, antitank mines, engineering, minelaying, mine-clearing, UAV, UGV, Ukraine

¹ **por. Ing. Michal Bilina**, katedra ženijní podpory, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, Česká republika, +420 607 828 150, michal.bilina@unob.cz

² **rtn. Lenka Balusová**, katedra ženijní podpory, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, Česká republika, +420 737 618 924, lenka.balusova@unob.cz

ÚVOD

Válka na Ukrajině se stala hybnou silou pro vývoj nových druhů vojenské techniky. Mezi nejdynamičtější se rozvíjející oblasti konfliktu patří bezpilotní prostředky. Ať už jde o pozemní, nebo vzdušné systémy, sehrávají tyto prostředky klíčovou roli v podpoře vojáků v dotyku s nepřítelem. Přestože délka „aktivní“ fronty přesahuje 1200 km, je tento konflikt specifický tím, že se na tak rozsáhlém úseku nachází výrazně méně vojáků, než by bylo obvyklé v klasickém symetrickém střetnutí [1]. Nedostatek vojenského personálu tak představuje zásadní faktor, který z lidských zdrojů činí mimořádně cennou komoditu. Tato situace vytváří prostor pro rozšíření nasazení bezpilotních prostředků, které nejen doplňují, ale v mnoha případech i nahrazují činnost vojáků.

Pozemní miny se staly dominantní zbraní současného bojiště. Ženijní munice obecně zažívá určitou renesanci, neboť její vývoj byl v minulosti upozaděn v důsledku mezinárodněpolitických snah omezení používání těchto zbraní. Zejména protipěchotní miny (dále jen PP miny) byly stigmatizovány jako prostředky způsobující nadměrné utrpení, což vedlo k úsilí o jejich plošnou eliminaci z arzenálů armád po celém světě. Důsledkem těchto snah byla přijetí Ottawské úmluvy, ke které se však řada států odmítla připojit.

V konfliktech, kde hraje klíčovou roli pěchota a obrněná technika, však zůstávají miny nezastupitelným bojovým prostředkem. Existuje pouze několik zbraní, jež nabízí značnou masovost nasazení a schopnost dlouhodobě ohrožit nepřátelské jednotky. Jednou z nich jsou právě PP a protitankové miny (dále jen PT miny). Jejich masové rozšíření a dostupnost z nich činí velice efektivní způsob, jakým lze protivníka ovlivňovat (usměrnit, blokovat, narušit, připoutat). Zároveň tím ztěžují jeho manévry. Miny také slouží jako ochrana dosažených čar a území v rámci rozsáhlých minových polí. Na Ukrajině se použití min vztáhlo především na ničení techniky spíše než na ovlivňování samotného manévru. S nástupem bezpilotních prostředků se přirozeně rozšířila možnost dopravy min i za pomoci těchto prostředků.

S rostoucím počtem min a minových polí na Ukrajině (obr. 1a) však vyvstala otázka, jak odminovat již dosažené prostory, které protivník zaminoval během jeho působení v daném prostoru (obr. 1b). Současný trend upřednostňuje miny s možností nastavení autodestrukce, nicméně miny s touto schopností tvoří pouze malou část. Drtivá část min použitých na Ukrajině jsou miny konstrukčně nenáročné, tedy takové, které se po odjištění již sami nezajistí a mohou zamořit půdu na dlouhá desetiletí.



a)



b)

Obr. 1 Minami zamořené oblasti: a) Zaminované oblasti [2]; b) oblasti určené k prohledání [3]

Odtarasovací prostředky sice nabízejí možnost odminování minových polí, ale jejich použití je omezené – lze je efektivně nasadit pouze v dostatečné vzdálenosti od bojiště, kde nehrozí okamžité ohrožení techniky. Prostředky určené k vytváření průchodů v minových polích v dotyku s nepřítelem se nasazují jen zřídka, neboť představují pro nepřítele vysoce hodnotný cíl. Jakýkoliv odtarasovací stroj či zařízení se tak okamžitě stává objektem intenzivního palebného působení, což často vede k jeho zničení ještě před splněním úkolu. Tato situace výrazně komplikuje nejen postup útočících jednotek. Vzhledem k těmto skutečnostem roste potřeba odminování, ať už pro obnovu civilního života, nebo pro umožnění vojenských operací na zaminovaném území. S rozvojem technologií se stále více klade důraz na to, aby

byl tento proces co nejbezpečnější a minimalizoval riziko pro vojáky. Z toho důvodu se vyvíjejí autonomní prostředky, které pomáhají nejen s odminováním, ale také s dalšími úkoly, jako je zásobování, evakuace raněných nebo bojové operace. Tyto technologie usnadňují práci, zvyšují efektivitu a zejména chrání lidské životy.

1 OPATŘENÍ K PODPOŘE POHYBU VLASTNÍCH SIL

Ženíjní bojová podpora pohybu vlastních sil zahrnuje širokou škálu činností, jejichž cílem je umožnit jednotkám překonávat terénní překážky a opatření protivníka proti pohybu. K tomu ženíjní vojsko využívá různé specializované prostředky a techniku. Mezi klíčové úkoly patří vytváření průchodů v minových polích nepříteli, k čemuž se nejčastěji využívají výbušné odminovače s táhlými náložemi (na principu taženého výbušného odminovače, např. britský Gigant Viper nebo raketového výbušného odminovače, např. ruský UR-77 Meteorit), umožňující rychlé vytvoření průchodu o šířce několika metrů. Alternativně se nasazují mechanické odminovače, které pomocí různých mechanismů iniciují miny v bezpečné vzdálenosti od osádky. Tankové jednotky mohou být vybaveny zařízeními pro vyrývání protitankových min z trasy svých pásů, avšak tato metoda je účinná pouze proti protipásovým minám a neposkytuje ochranu proti jiným typům minových hrozeb.

Ve válce na Ukrajině však tato technika není vždy dostupná a zároveň se stává prioritním cílem, pokud se objeví na bojišti. Zároveň platí, že mapa zamořených oblastí minami je tak rozsáhlá, že prakticky není možné nasadit techniku všude tam, kde je zrovna potřeba v reálném čase. To vytváří tlak na vývoj nových prostředků, které by dokázaly nahradit funkci stávajících odminovacích prostředků, a zároveň eliminovaly riziko pro osádky i drahou techniku při odminování v nebezpečných oblastech. Existuje i několik druhů semi-autonomních prostředků, které jsou již nyní využívány k odminování prostorů. V této kapitole budou popsány jejich charakteristiky a budou blíže specifikovány.

1.1 BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY PRO ODMINOVÁNÍ PROSTORU

Před zahájením odminování během bojové činnosti je nezbytné provést důkladný průzkum minového pole a jeho okolí. Tento průzkum zahrnuje identifikaci rozsahu minového pole, typů použitých min a dalších nástrah, stejně jako možnosti jeho obejití či překonání. V průběhu bojových operací jsou průchody v minových polích vytvářeny s ohledem na aktuální taktickou situaci a operační záměr velitele. Hlavním cílem těchto opatření je umožnit mobilitu vlastních jednotek při vedení operací.

S rozvojem technologií se kromě ručního, výbušného nebo mechanického způsobu (přídavná odminovací zařízení na techniku) odminování využívá také odminování pomocí autonomních prostředků, které umožňují odminování z odstupné vzdálenosti a chrání tím životy vojáků, kteří prostor odminovávají.

1.1.1 POZEMNÍ PROSTŘEDKY

UGV (Unmanned ground vehicle – bezosádkové pozemní prostředek) jsou bezosádkové prostředky pohybující se po zemi. Mohou být ovládané na dálku člověkem, nebo autonomně řízené pomocí palubních systémů a senzorů [4]. Vývoj UGV sahá až do období 30. let 20. století, kdy byla pozornost soustředěna převážně na prostředky na kolových a pásových podvozcích. Postupem času se vyvinul i způsob ovládání těchto prostředků a přidaly se funkční komponenty, jako jsou například pohyblivá ramena, nebo jiné pohyblivé součásti [5]. Vývoj těchto prostředků představuje revoluci v moderním bojišti. Jsou schopny interoperability s dalšími bezpilotními prostředky, což zvyšuje jejich hodnotu pro vedení operací a umožňuje provádět koordinované manévry a systematicky plnit mise [6]. Mohou být vybaveny zbraňovými systémy, podporovat logistiku, provádět odsun zraněných, sloužit ke shromažďování dat nebo likvidaci výbušné munice (EOD – explosive ordnance disposal).

UGV se mohou pohybovat na kolových i pásových podvozcích, kdy každý z nich má své výhody a nevýhody. Kolový podvozek poskytuje primárně lepší manévrovatelnost díky ovládacímu mechanismu natáčení kol, jeho nevýhodou je ale horší průjezdnost terénem, nebo nebezpečí zapadnutí. Pásový podvozek má lepší průjezdnost a přilnavost k terénu, lepší nájezdové úhly nebo lepší rozložení tlaku na větší plochu, ale k jeho provozu je třeba výkonnějšího motoru, má vyšší hlučnost a jízda není tak plynulá jako u kolových prostředků [7].

Rozdělení pozemních odminovacích prostředků je důležité pro určení použitých typů technologií a jejich specifických funkcí při odminování prostorů. Každá z těchto kategorií zahrnuje prostředky, které se liší svou konstrukcí, použitím a účelem. Pozemní odminovací prostředky můžeme rozdělit do dvou kategorií [8]:

- stroje pro odminování,
- stroje pro přípravu terénu.

Jako UGV systémy jsou primárně využívány stroje pro odminování nebo stroje pro přípravu terénu, případně jejich kombinace.

1.1.2 VZDUŠNÉ PROSTŘEDKY

UAV (Unmanned Aerial Vehicle – bezosádkový vzdušný prostředek) je taktéž bezosádkový prostředek, který se na rozdíl od UGV pohybuje ve vzduchu. Funguje na stejném principu, může být ovládaný dálkově nebo být řízen semi-autonomně. UAV se dělí dle konstrukčních prvků. Primárně se jedná na rozdělání UAV s pevnými křídly a UAV s pohyblivými křídly. Dále se dělí podle rozdělení NATO na třídy (class) podle hmotností (viz. článek [7]). UAS (Unmanned Aerial System – vzdušný bezpilotní systém) zahrnuje nejen vzdušný bezpilotní prostředek, ale také operátora, řídicí systém a další hardware a software potřebný k ovládnutí daného prostředku [9].

1.2 TECHNOLOGIE POUŽITÉ PRO ODMINOVÁNÍ

K odminování prostorů pomocí UAV a UGV jsou rozvíjeny stávající technologie, které mohou pomoci s vyhledáváním a průzkumem minového pole, určováním typu použitých min nebo se samotným odminováním.

1.2.1 DETEČNÍ TECHNOLOGIE

V návaznosti na PP minová pole, která ještě nejsou odminována, byl vyvinut systém sloužící k odminování v rámci humanitárních operací pomocí semi-autonomních prostředků. Vznikl bezpilotní vzdušný systém UAS, který je vybavený radarem GPSAR (Ground Penetrating Synthetic Aperture Radar – zemní penetrační radar se syntetickou aperturou), který se používá k detekci min, IED (Improvised Explosive Device – improvizované výbušné zařízení), UXO (Unexploded Ordnance – nevybuchlá munice) a dalších. Měřicí systém se skládá z multikoptéry (vzdušný prostředek vybavený více než dvěma rotory, které umožňují VTOL (Vertical take-off and landing – vertikální start, přistání a stabilní let) elektro-optického přístroje k měření horizontálních a vertikálních úhlů, IMU (inerciální měřicí jednotky) zaznamenávající pohyb a orientaci objektu v prostoru a FMCW (frekvenčně modulovaného kontinuálního vlnového radaru, který měří vzdálenosti a rychlost). Vysoce přesná lokalizace a flexibilita UAV umožňuje generování opakovaných 3D kruhových snímků pomocí syntetického aparaturového radaru (SAR) pro detekci zakopaných min a dalších výbušných hrozeb s vysokou přesností [10] [11].

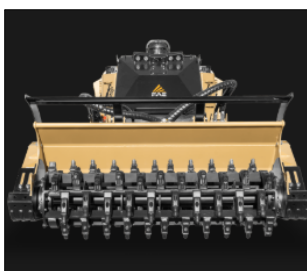
1.2.2 PŘÍDAVNÁ ZAŘÍZENÍ PRO ODMINOVÁNÍ

Mechanické odminování využívá speciální techniku vybavenou nástroji vhodnými pro detekci a mechanické zničení min. Klíčové technologie používané UGV pro odminování jsou válcová zařízení (rollers), rozrývací zařízení (tillers), tažené přívěsy, cepové zařízení (flail) a magnetické systémy.

K odminování lze použít válcové zařízení (obr. 2a), které iniciuje miny přejetím přes aktivační plochu miny. Aktivním zařízením, které vlastní rotací (obr. 2b) dokáže aktivovat miny jsou rozrývací systémy (tillers). Odlišným způsobem pracují přívěsy (obr. 2c), ve kterých jsou uloženy táhlé nálože, jež jsou schopny odminovat zpravidla 100 m dlouhý a několik metrů široký pás. Podobný systém jako rozrývače využívají cepové systémy (obr. 2d). Na posledním obrázku (obr. 2e) je zobrazen systém, který miny aktivuje pomocí změny magnetického pole.



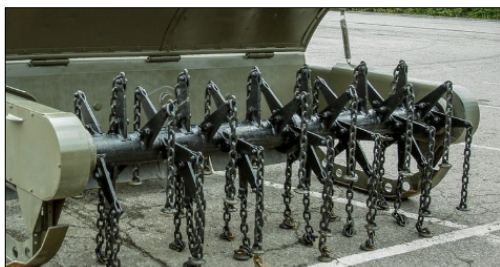
a)



b)



c)



d)



e)

Obr. 2 Mechanické systémy odminování: a) válce [12]; b) rozrývací systémy [13]; c) tažené přívěsy [14]; d) cepové systémy [15]; e) magnetické systémy [16]

Mechanické odminovací stroje nicméně naráží na limity, jako jsou terénní nerovnosti nebo typy použitých min. Horské prostředí a členitý terén mohou představovat překážku pro tyto prostředky a omezují tak jejich použití. UAV mohou být vybaveny mechanickými odminovacími nástroji, především různými přídatnými zařízeními určenými k aktivaci detekovaných min. Tato zařízení lze zavěsit na dron a na dálku iniciovat minu.

1.2.3 AUTONOMNÍ NAVIGACE

Moderní UGV jsou schopny operovat až do vzdálenosti několika kilometrů od operátora a jsou vybaveny pokročilými navigačními systémy pro vedení autonomních operací v neznámém terénu [17]. Systémy pracují na kombinaci senzorů, algoritmů a extrémních vstupů, které je provádějí složitým terénem [18]. Dle dosažené autonomie se dají rozlišit na několik způsobů. Rozdělení autonomních prostředků je poměrně široké a záleží na detailnosti rozlišení mezi jednotlivými stupni. Stupňů může být i vícero, ale princip zůstává stejný.

- **Dálkové ovládání (0. stupeň):** Autonomní prostředek je zcela závislý na operátorovi. Aktuálně se jedná o většinu robotizovaných prostředků v ženíjném vojsku (Božena 5, ThEODor, Talon);
- **Asistence operátora (1. stupeň):** Autonomní prostředek vykonává základní funkce s asistenčními systémy, řízení prostředku je stále po kontrolou operátora;
- **Částečná autonomie (2. stupeň):** Autonomní prostředek se samostatně vyhýbá snadným překážkám a naviguje podle dat, vhodné pro mapování a fotogrammetrii;
- **Podmíněná autonomie (3. stupeň):** Autonomní prostředek provádí úkoly autonomně za ideálních podmínek, operátor zasahuje pouze při neočekávaných změnách;
- **Vysoká míra autonomie (4. stupeň):** Autonomní prostředek se vypořádává s nenadálými poruchami a překážkami, nabízí záložní systémy pro bezpečný návrat;
- **Plná autonomie (5. stupeň):** Autonomní prostředek funguje bez operátora. Technologie pro dosažení této úrovně zatím neexistuje [7].

V současné době nemá příliš smysl hovořit o plně autonomních prostředcích v oblasti odminování pomocí UGV či UAV, neboť plná autonomie těchto systémů se stále nachází ve fázi testování. Navzdory technologickému pokroku zůstává odminování úkolem, který vyžaduje zpětné ověření, zda byl prostor skutečně důkladně odminován a bezpečně vyčištěn. Spolehlivé potvrzení účinnosti těchto systémů je proto klíčovou výzvou, která musí být vyřešena, než bude možné jejich autonomní nasazení ve větším měřítku. To platí i pro ukrajinské vojáky, kteří využívají UGV k odminování jednotlivých min, avšak

zásadním problémem zůstává následné vyslání vlastních jednotek do takto vyčištěných oblastí. Důvěra v účinnost těchto prostředků při odminování není dostatečná, aby bylo možné na jejich práci plně spoléhat v bojových podmínkách [19].

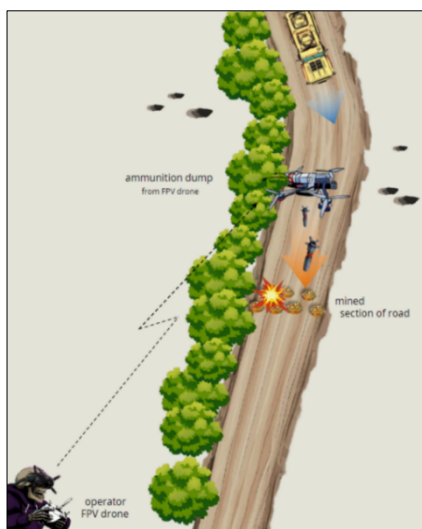
Je důležité rozlišovat mezi odminováním v dotyku s nepřítelem, kde je rychlost klíčová a využití automatizovaných systémů může snížit ztráty, a odminováním ve vlastním týlu, které provádí vyškolený personál s certifikovanými metodami a specializovanou technikou. Jednou z hlavních výzev v této oblasti je vývoj spolehlivého systému ověřování, zda byl prostor skutečně bezpečně odminován pomocí UGV či UAV. Dokud nebude k dispozici dostatečně přesná a ověřitelná metoda hodnocení účinnosti těchto systémů, zůstane jejich plné nasazení v ostrých podmínkách omezené.

1.2.4 TROJROZMĚRNÉ MAPOVÁNÍ A GEOLOKACE

Výzkum tohoto systému se zaměřuje na použití UGV a UAV k autonomní geolokaci objektů v prostředí. Systém UGV-UAV plně autonomně provádí vnímání, navigaci a plánování v reálném měřítku oblasti. Využívá multispektrální senzory (infračervené, tepelné apod.) s vysokým rozlišením a širokým zorným polem. Data zpracovává speciálně vytvořená integrovaná softwarově-hardwarová souprava a pokročilý AI (Artificial intelligence – umělá inteligence) systémem pro autonomní detekci, sledování a navigaci [20].

1.3 PŘÍKLADY NASAZENÍ PROSTŘEDKŮ PRO ODMINOVÁNÍ V PRAXI

V rámci konfliktu na Ukrajině jsou inovovány současné UAV k odminování. Jedná se primárně o prostředky speciálně pořizované pro potřeby armády, avšak často jsou využívány i UAV původně určené k civilnímu využití. Důvodem je jejich relativně nízká pořizovací cena a snadná ovladatelnost. Podle [21] jsou FPV-UAV (First Person View – pohled první osoby) pro odminování charakterizovány jako „FPV-sapper“ (Ze slova „sapér“, odvozeného z francouzského „sapeur“ – ženista.) v rámci taktického využití FPV dronů. Na obrázku je znázorněno odminování silnic a cest shobením trhavininy nebo munice nesené UAV. Tento způsob umožňuje rychlé odstranění lokalizovaných a nemaskovaných min s minimálním rizikem pro personál. Taktika pro odminování z dronu je zobrazena na obrázku 3.



Obr. 3 Taktika FPV-UAV používaná pro odminování prostorů [21]

Mezi UGV určené k odminování spadá široká škála techniky využívající různé principy. V kontextu války na Ukrajině se odminování nejčastěji odehrává v bojových podmínkách, což klade specifické nároky na konstrukci a odolnost těchto systémů. Je zásadní rozlišovat mezi odminováním v dotyku a mimo dotyk s nepřítelem, protože každá z těchto situací vyžaduje odlišný přístup a typ techniky. Mezi hlavní prostředky pro odminování lze řadit odminovací komplety podobné systému Božena 5, které fungují na principu otočných rotorů s cepy sloužícími k mechanickému narušení půdy a iniciaci min. Tento typ techniky je však kvůli relativně nízké rychlosti odminování a omezené šířce vyčištěného pásu nevhodný

pro použití přímo v dotyku s nepřítelem. Další variantou jsou prostředky využívající táhlé nálož, kdy je přes minové pole vystřelena výbušná nálož, jejímž odpálením vznikne odminovaný průchod. Tento princip je vhodnější pro rychlé vytvoření bezpečné trasy v dotyku, ale vyžaduje dostatečný prostor pro nasazení a přípravu systému. Vzhledem k intenzitě nasazení min na ukrajinském bojišti se do popředí dostává i vývoj nových bezpilotních systémů, které by umožnily bezpečnější a efektivnější odminování v přímém dotyku s nepřítelem.



a)



b)

Obr. 4 Využití táhlých náloží [22]: a) Příprava UGV s táhlou náloží; b) Využití v praxi

Na obrázku (obr. 4a) a (obr. 4b) je ukrajinské UGV natahující táhlou nálož UZP-77 s cílem vytvoření průchodu v minovém poli. V tomto případě se jedná pouze o zkoušku funkčnosti tohoto systému [22]. Systém pokládky táhlých náloží k odminování existuje, jedná se například o ruský systém UR-77 Meteorit, který je uložen na podvozku samohybného děla, které je schopno vystřelit 2 táhlé nálože a zřídit průchod v minovém poli v hloubce až 90 m [23]. Dále mohou být využívány systémy táhlých náloží na principu APOBS (Anti-personnel Obstacle Breaching System – systém překonávání protipěchotních překážek), což je přenosný systém určený k ražení průchodů v protipěchotních minových polích nebo překážkách z ostnatého drátu nepřítele [24].



a)



b)

Obr. 5 Odstranění IED [25]: a) ruské UGV Cobra; b) průzkum, kontrola a odstraňování IED

Rusové ve válce na Ukrajině také využívají UGV prostředky, které mají pohyblivá ramena a slouží k detekci min nebo k odstraňování nastražených IED (obr. 5a, 5b). Jsou ovládány dálkově, obraz zprostředkovává zabudovaná kamera a chrání tak operátora, který pracuje přes prostředek z bezpečné vzdálenosti.



a)



b)



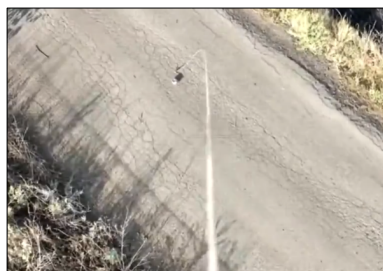
c)



d)

Obr. 6. Odminovací komplety: a) MW240 MineWolf [26]; b) Armtrac 400 [27]; c) PT-300 [13]; d) Božena 5 [16]

Na Ukrajinu byl dodán odminovací komplet Božena 5 (obr. 6d) slovenské výroby, který slouží k likvidaci konvenčních protipěchotních (PP) a protitankových (PT) min, stejně jako improvizovaných výbušných zařízení (IED). Kromě něj na ukrajinském bojišti operují i další odminovací systémy, například švýcarský MW240 MineWolf (obr. 6a) nebo britský Armtrac 400 (obr. 6b), které pracují na stejném principu jako PT-300 (obr. 6c) a Božena 5. Všechny tyto komplety jsou ovládány na dálku z bezpečné vzdálenosti prostřednictvím kamer nebo v koordinaci s UAV, které monitorují prostor jejich pohybu a detekují potenciální hrozby.



a)



b)



c)

Obr. 7 Odminování pomocí lana [28]: a) Odminování protidnové miny pomocí železa; b) Detonace protidnové miny; c) UAV Brave-1 s podvěsným zařízením k detekci min [29]

K iniciaci min mohou být využívány magnetické senzory, které reagují na změnu magnetického pole. Například, pokud se na UAV zavěsí lano s kusem kovového předmětu (obr. 7a), která se k mině přiblíží, dojde k její iniciaci a následné detonaci (obr. 7b). [28]. Na obrázku (obr. 7c) je ukrajinské UAV s podvěsným zařízením sloužící k detekci min. Jedná se o kruhovou obruč pravděpodobně z kovu, které je schopné prohledat oblast o velikosti až 3000 m² a v mapě vyznačuje místa, kde se nachází miny. Následně je možné v tomto minovém poli zřídit průchod prostor odminovat [29].

1.4 BUDOUCÍ A VÝVOJOVÉ TENDENCE ODMINOVACÍCH PROSTŘEDKŮ

Vývoj UAV a UGV v oblasti odminování má velký rozvoj v souvislosti se současným děním ve světě. Válka na Ukrajině udává několik směrů vývoje autonomních prostředků k odminování. UGV se dále mohou vyvíjet ve využívání senzorů nebo jejich kombinace k pokročilé detekci min, vylepšování autonomních schopností pomocí AI technologií nebo vývojem nových materiálů a postupů pro zlepšení odolnosti proti výbuchům nebo manévrovatelnosti. Vývoj UAV může nadále postupovat směrem k vylepšení průzkumu, mapování a detekce pomocí multispektrálních kamer a senzorů, aktivaci min pomocí senzorů nebo náloží pomocí autonomního prostředku v odstupné vzdálenosti operátora. Celkově se tedy bude přistupovat k sofistikovanějšímu způsobu použití a vývoji UAV a UGV, jejich spolupráci a koordinaci (swarming) a jejich odolnost proti elektromagnetickému rušení a kybernetickým útokům.

2 OPATŘENÍ K OMEZENÍ POHYBU NEPŘÍTELE

Válka na Ukrajině ukázala, jaké schopnosti armád jsou v dlouhotrvajících konfliktech nezbytné. Jedním z klíčových prvků při ochraně území jsou ženijní jednotky, které v rámci bojové ženijní podpory mechanizovaným jednotkám zajišťují opatření k omezení pohybu nepřítele. [30]. Do těchto opatření se řadí výbušné a nevýbušné zátarasy. Ačkoliv se nevýbušné zátarasy na Ukrajině zřizují, je tato činnost velice zdoluhavá a technicky i personálně velice náročná. Navíc se nevýbušné zátarasy zpravidla nezřizují v dotyku s nepřítelem, ale spíše v hloubi vlastního území jako příprava na obranu (ničí se mosty, cesty, upravuje se terén, vytváří se zátaras z betonových bloků, vytváří se barikády atd.).

Jako hlavním a nejvíce užívaným typem zátarasu na Ukrajině jsou miny a minová pole. Minová pole jsou několik stovek metrů široká a hluboká. Při jednoduché kalkulaci, ve které se bere v potaz délka fronty a potřeba min na zmíněný úsek, vychází spotřeba min na přibližně 600.000 ks. Je pravděpodobné, že některá místa budou mít větší hustotu min a je proto možné, že k přehrazení celé délky fronty bylo užito již více než 1 milion ks min. Hlavním způsobem minování na Ukrajině se staly systémy pro dálkové minování využívající dělostřelecké a raketové prostředky [31]. Ruská Federace využívá k zaminování následující typy prostředků:

- **Ráže 122 mm:**
 - BM-21 GRAD,
 - 9K51M Tornado-G,
 - ISDM Zemledelie.
- **Ráže 220 mm:**
 - BM-27 Uragan 9P140.
- **Ráže 300 mm:**
 - BM-30 Smerch,
 - 9K515 Tornado-S,
 - 9A52-4 Tornado-S.

Každý z těchto prostředků dokáže zaminovat rozsáhlá území za pomoci upravených raket a granátů obsahující submunici v podobě PT či PP min. Jejich použití je poměrně snadné a rychlé nicméně tyto prostředky se stávají cílem s vysokou prioritou [32]. Zároveň nejsou vždy dostupné. Obě strany konfliktu se proto uchýlily k rozvozu min za pomoci UGV. Použití je totiž relativně snadné, ale jejich hlavním účelem je klást miny tam, kde by byl ohrožen život lidského personálu. Nejsou uzpůsobena pro zřizování rozsáhlých minových polí.

Během konfliktu, kdy obě strany využívají UGV se ukazuje, že nejčastějším způsobem použití UGV jsou [19]:

- UGV pro logistické účely (převoz munice, raněných, materiálu, ...),
- UGV pro minovací účely (rozvoz či rozptýlení PT či PP min),
- sebevražedné UGV (využívající ženijní nebo jinou municí).

Ukrajina je zásobena mnoha typy UGV s různými platformami od mnoha výrobců, a to ztěžuje práci lidem určeným na údržbu a přípravu těchto UGV pro bojové použití. Ze zkušenosti se osvědčil jako ideální prostředek ten, který je modulární a dá se v případě potřeby upravit dle úkolu, jež má dané UGV plnit. Až následně se z těchto modulárních UGV platform vytvořily nejčastější způsoby využití v praxi.

2.1 KATEGORIZACE POZEMNÍCH PROSTŘEDKŮ PRO KLADENÍ MIN

Minovací UGV prošly značným vývojem. Zejména na straně Ruské federace se vytváří nové a zajímavé systémy pro pokládání min [7]. Kategorizovat minovací UGV je však obtížné, neboť vývoj neustále pokračuje na základě zkušeností přímo z bojiště. Na základě těchto zkušeností se dá inovovat, čím by tato UGV měla disponovat, aby se naplno využil jejich potenciál. Jako největší problém těchto prostředků se uvádí:

- omezená průchodnost terénem,
- stav podnebí a aktuální klimatické podmínky [19].

Průchodnost terénem představuje klíčový faktor při plánování a nasazení UGV určeného ke kladení min. Jelikož je tento prostředek plně závislý na povrchu, po kterém se pohybuje, je nezbytné pečlivě plánovat trasy, aby se předešlo jeho uvíznutí nebo znehybnění. Přestože se jednotlivé platformy liší konstrukcí a typem pohonu, praktické zkušenosti ukazují, že tento rozdíl nemusí být rozhodující. Ať už se jedná o kolový nebo pásový prostředek, obě varianty čelí v terénu obdobným problémům [19]. Za hlavní příčinu selhání UGV příslušníci často označují rozbahněný terén, který se na Ukrajině pravidelně vyskytuje zejména během jarního a podzimního období. Tento fenomén, známý jako „rasputica“, představuje zásadní výzvu pro veškerou techniku obou stran konfliktu. Na základě dosavadních poznatků proto nelze jednoznačně určit, zda je vhodnější nasadit kolovou nebo pásovou platformu – obě mají své specifické výhody i nevýhody, avšak v extrémně podmáčeném terénu naráží na obdobné limity.

Za ideální UGV je proto považován takový prostředek, který dokáže úspěšně splnit zadaný úkol bez ohledu na typ svého podvozku či pohonného systému. Klíčové je, aby jeho konstrukce odpovídala konkrétním podmínkám bojiště a umožňovala spolehlivé nasazení i v těžce průchodném terénu. Na základě zkušeností z použití minovacích UGV na Ukrajině je lze rozdělit na:

- **Pásový:**
 - rozptylovače,
 - sebevražedné UGV,
 - ukladače:
 - tažení min na laně,
 - s vykládacím mechanismem.
- **Kolový:**
 - rozptylovače,
 - improvizované,
 - sebevražedné UGV,
 - ukladače:
 - tažení na laně,
 - s vykládacím mechanismem.

Rozdělení není striktně dané. Vychází ze zkušeností a dostupných zdrojů. Existují i UGV s velice zajímavým, ale značně improvizovaným způsobem doručení miny do prostoru. Úplné rozdělení bude možné až na základě vyhodnocení konfliktu.

2.2 ŽENIJNÍ MUNICE VYUŽITELNÁ K MINOVÁNÍ POMOCÍ UGV

PT a PP miny užívané v kombinaci s UGV se mohou dělit na základě zamýšleného použití. V případě, že UGV je předurčeno k vytváření minových polí, hraje zásadní roli PT mina TM-62M (obr. 9a). Jedná se o původem sovětskou minu a jedná se o nejrozšířenější minu v tomto konfliktu. Tato mina zastává zásadní roli při použití UGV ve způsobech minování. V rámci dodávek západní pomoci se mohou objevit i jiné typy PT min. V základní konfiguraci se dodává s tlakovým rozněcovačem MVCh-62.



Obr. 9 PT miny: a) TM-62M [33]; b) PTM-3 [34]; c) PTM-4 [35]

Tato konfigurace je nejběžnější a zajišťuje protipásový účinek, pokud vozidlo najede kolem či pásem na aktivní plochu miny. Mina však přijímá i jiné typy rozněcovačů a při použití rozněcovačů MVN-72

a MVN-80 se z miny stane mina protidnová, protože tyto rozněcovače detekují změnu magnetického pole. [33]

PT miny se spíše hodí pro použití s UGV, neboť jejich hmotnost je k tomu předurčuje. TM-62M váží zhruba 8.5 kg a je tedy vhodná pro užití s pozemním systémem. Další systémy, pracující na principu rozptýlu min do okolí využívají zavedené PT miny určené pro standardní minování na dálku pomocí výmetných hlavních. Jedná se zejména o PT miny PTM-3 (obr. 9b) a PTM-4 (obr. 9c) a PP miny POM-3. PP miny jsou spíše výsadou UAV z důvodu jejich nízké hmotnosti, nicméně nachází uplatnění i u minovacích UGV. Jejich použití je orientováno na vytváření nástrah a rozvratných činností spíše než za účelem přehradit úsek terénu výbušným zátarasem. [1]

2.3 PŘÍKLADY NAsAZENÍ UGV PRO MINOVÁNÍ V PRAXI

Ukrajinský konflikt je v současnosti doslova zahlcen různými typy UGV, které plní širokou škálu úkolů. Jen za rok 2024 bylo kodifikováno více než 24 nových typů UGV do výzbroje ukrajinské armády [36]. Minovací UGV patří mezi klíčové oblasti, na něž se výrobci i uživatelé intenzivně zaměřují. Ukrajinská strana se snaží využívat veškeré dostupné prostředky a na základě získaných bojových zkušeností si postupně formuje představu o „ideálním“ prostředku k minování [19]. Právě tato rozmanitost platformy však přináší značné problémy v oblasti údržby a servisu, protože každá konstrukce vyžaduje odlišný přístup, specifické náhradní díly a odbornou znalost obsluhy. Navzdory těmto obtížím je však pro další vývoj nezbytné experimentovat s co nejširší škálou konstrukcí a technik kladení min. Pouze důkladné testování různých přístupů může vést k nalezení optimálního řešení, které zajistí spolehlivost, efektivitu a snadnou logistickou podporu v bojových podmínkách [19].

Na obrázcích jsou zachyceny minovací UGV v reálném použití na Ukrajině. Mnohdy se jedná o důmyslná řešení, která však vznikají až na bojišti v polních dílnách. Výrobci také dodávají UGV již předurčené k minování. To je případ obrázku (obr. 10e), kde je zachycený ukrajinský UGV „Mangal“. Ten je vylepšenou verzí UGV „Sirko 1“ jehož autorem je ukrajinský ženista, jež tyto UGV vyrábí a zasazuje se o jejich zavedení do armády [37]. Ruské systémy jsou znázorněny na obrázku (obr. 10a) [38], (obr. 10c) [39] a (obr. 10f) [40], přičemž na obrázku (obr. 10a) a (obr. 10f) je možné pozorovat minovací UGV s různým šasi, ale s podobným systémem ukládání min.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Obr. 10 Minovací UGV: a) pásový SU-4; b) kolový Makhno; c) UGV s PKM-1; d) UGV s výložníkem; e) kolový Mangal; f) kolový SU-4

Na obrázku (obr. 10c) je vidět pásový UGV s přimontovaným zařízením PKM-1, což je zkratka pro přenosný minovací komplet. Ten se dá obsluhovat i ručně a je určen k rozptylovému minování

PP minami [41]. Na obrázku (obr. 10b) je znázorněn ukrajinský prostředek „Makhno“, což je kolový víceúčelový UGV. Kromě minování se používá i pro odminování, převoz materiálu, raněných, i jako bojový dron. [36].

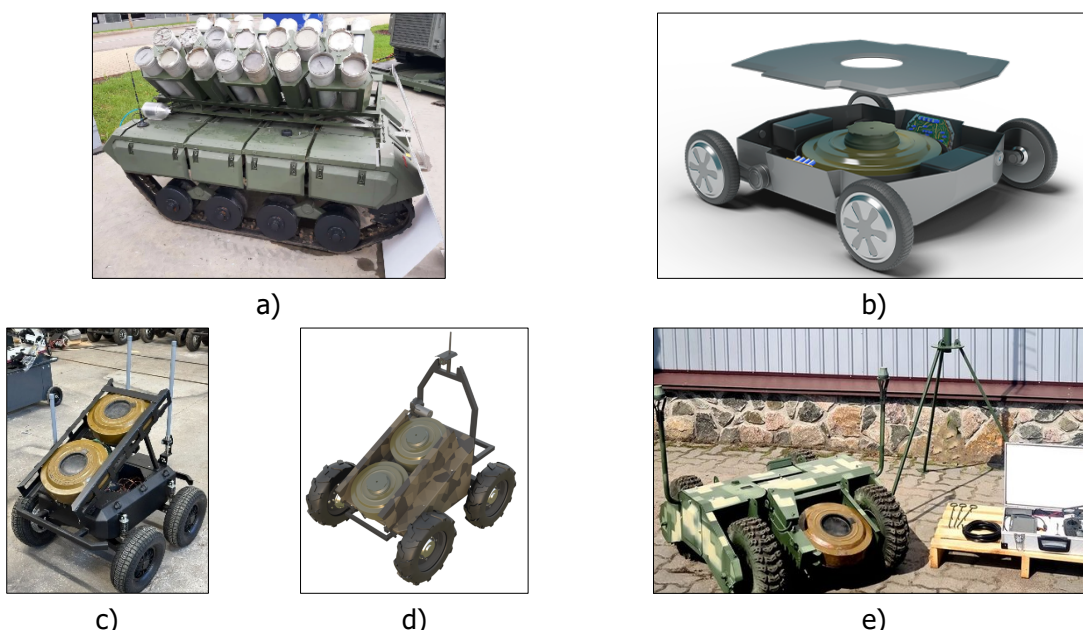
Všechny systémy využívají rádiových frekvencí ke komunikaci v systému „line-of-sight“, tedy na dohled operátora od minovacího UGV. Tento fakt zvyšuje riziko jejich zarušení. Modernější UGV však mohou disponovat vlastními prostředky obrany proti rušení, anebo jsou přímo vybaveny optickým kabelem až do délky mnoha kilometrů, čímž se eliminuje možnost zarušení UGV [42].

2.4 BUDOUCÍ A VÝVOJOVÉ TENDENCE MINOVACÍCH PROSTŘEDKŮ

Dosavadní zkušenosti z ukrajinského konfliktu jasně potvrzují rostoucí poptávku po UGV, které by dokázaly nejen klást miny, ale také přepravovat materiál, zejména munici. Vývoj těchto prostředků se stále více ubírá směrem k univerzálním platformám, které lze přizpůsobit různým úkolům podle aktuální potřeby. Tento trend vychází především z požadavků operátorů a techniků v poli, kteří zdůrazňují, že víceúčelové UGV usnadňují údržbu, logistiku i dodávky náhradních dílů. Jedním z nejčastějších úkolů je převoz munice mezi obrannými pozicemi v dotyku s nepřítelem, kde je nasazení lidské obsluhy či klasické techniky vysoce rizikové. Právě v takových situacích představují UGV klíčový prvek pro snížení ztrát na živé síle. [19] Přesto zůstává hlavní překážkou terén, který často limituje možnosti nasazení těchto prostředků. Vývojáři se proto čím dál častěji zaměřují na menší UGV, která mají nižší siluetu a jsou obtížnějším cílem pro nepřítele. Na druhou stranu, v případě UGV schopných minovat by větší platformy umožňovaly přepravovat větší množství min než současných běžných 2 až 4 kusy. Existuje zde napětí mezi snahou o minimalizaci rozměrů kvůli ochraně a potřebou vyšší nosnosti pro rozsáhlé kladení min. Současný vývoj se zaměřuje mimo jiné na zlepšení v oblasti životnosti baterií, spolehlivosti umělé inteligence a kybernetické bezpečnosti. Dále se snaží posílit schopnosti UGV, přičemž vývoj zejména plně autonomie umožní těmto prostředkům činit rychlejší a efektivnější rozhodnutí. Kromě toho integrace inteligence roje (swarming) umožní, aby více UGV (či UAV) fungovalo společně. [6]

Další možností, jak zvýšit spolehlivost řízení UGV v bojových podmínkách, je jeho připojení k satelitní síti Starlink. Tento systém poskytuje odolné a stabilní spojení, které je výrazně méně náchylné k rušení než běžná radiová komunikace [43]. Alternativním řešením je využití optického kabelu, který nabízí odolnost vůči elektronickému boji, avšak limituje mobilitu a dosah prostředku [42]. „...výroba bezpilotních letounů, systémů elektronického boje, průzkumu, pozemních robotických systémů pro různé účely a dalších inovativních zbraní patří mezi prioritní úkoly,“ uvedl generálporučík Ivan Havryljuk, první náměstek ministra obrany ukrajinské armády. [36]

Na obrázku (obr. 11a) je znázorněn nově představený ruský minovací UGV Impuls-KPTM, který využívá rozptylový systém PKM-1 a je schopen najednou rozmístit až 120 kusů PT min PTM-3/4 nebo PP min POM-3. Prostředek lze ovládat radiovým spojením na vzdálenost do 1 km, nebo prostřednictvím optického kabelu až na 20 km. [42] Na obrázku (obr. 11b) je zachycen ukrajinský sebevražedný UGV Gnom-kamikadze [44], který připomíná již představený Ratel-S. Na obrázku (obr. 11d) pak jeho minovací varianta se skluzu Gnom-miner [45]. Oba tyto prostředky pocházejí od stejného výrobce. Obrázek (obr. 11c) zobrazuje minový ukladač Ratel S (nejedná se o již zmíněný prostředek výše se stejným názvem. V této konfiguraci se jedná o klasický minovací UGV) se skluzem pro až čtyři PT miny TM-62M [46]. Sebevražedná varianta tohoto prostředku již byla zmíněna v článku [7]. Na obrázku (obr. 11e) je vyobrazen víceúčelový UGV s možností kladení min na platformě Mangust ukrajinské výroby. Tento prostředek je navržen s důrazem na modularitu a schopnost plnit různé úkoly dle konfigurace, včetně minování [47].



Obr. 11 Vývojové tendence minovacích UGV: a) Impuls-KPTM [42]; b) Gnom-kamikadze [44]; c) Ratel S se skluzem [46]; d) Gnom-miner [45]; e) Mangust [47]

ZÁVĚR

Nasazení bezpilotních prostředků v bojové ženijní podpoře na Ukrajině zásadně ovlivnilo způsoby a možnosti minování i odminování bojiště. UAV a UGV se staly klíčovými nástroji pro zajištění mobility vlastních jednotek a zpomalování nepřítele, přičemž jejich využití stále roste. Zpočátku bylo jejich nasazení spíše experimentální, dnes jsou systematicky integrovány a přizpůsobovány specifickým podmínkám bojiště. Vývoj těchto prostředků se zaměřuje na zvýšení autonomie, efektivity a odolnosti vůči rušení. Hlavní výzvou v odminování zůstává nejen detekce min, ale i jejich bezpečné odstranění bez nutnosti přímého lidského zásahu. Multisenzorové systémy a umělá inteligence zlepšují průzkum a identifikaci hrozeb, avšak technologie stále nenabízí stoprocentně spolehlivé řešení pro úplné odminování minového pole. Proto se UGV a UAV v bojových podmínkách nasazují hlavně k provizornímu odminování tras. UGV ani UAV zatím nejsou schopny odminovat prostor se stejnými výsledky jako zavedené prostředky.

V rámci patření proti pohybu je využití UGV a UAV patrné zejména v minování a kladení jednotlivých min. Zde se objevují nové přístupy reagující na potřebu rychlého využití minových polí v bojových podmínkách. Vedle tradičních dělostřeleckých a raketových minovacích systémů se stále více uplatňují UGV a UAV, které umožňují přesnější kladení min v cílených oblastech, čímž snižují riziko nežádoucí kontaminace vlastního prostoru a zvyšují efektivitu výbušných zátarasů. Klíčovým trendem je modularita UGV, která umožňuje jejich rychlou úpravu podle aktuální potřeby. Další vývoj těchto technologií bude do značné míry záviset na pokroku v oblasti umělé inteligence, která zlepší autonomii a rozhodovací schopnosti těchto systémů. Důležitým aspektem zůstává kybernetická bezpečnost a odolnost proti rušení, neboť elektronický boj se stává stále významnějším faktorem moderního válčení. Roste také tlak na propojení těchto systémů s dalšími bojovými prostředky, zejména v rámci konceptu „swarming“, kdy větší počet autonomních prostředků operuje koordinovaně, čímž se násobí schopnosti jednotek.

Zkušenosti z ukrajinského bojiště naznačují, že bezpilotní prostředky by se v moderních konfliktech mohly stát nepostradatelným prvkem ženijních jednotek AČR. Ačkoliv současné technologie nedosáhly plné autonomie a spolehlivosti, jejich vývoj směřuje k systémům schopným samostatného plnění ženijních úkolů s minimální lidskou kontrolou. Klíčová je nejen technologická vyspělost těchto systémů, ale i jejich udržitelnost, dostupnost a možnosti masového nasazení v bojových podmínkách. Bepilotní prostředky již nyní zásadně ovlivňují využití ženijní podpory formují budoucí koncepcie jejího využití.

Použitá literatura

- [1] ROVENSKÝ, Dušan. Minování pomocí dronů ve válce na Ukrajině. *ATM*. 2025, roč. 57, č. 1, s. 48-51. ISSN 1802-4823.
- [2] *Map of areas potentially contaminated by mines*. Online. Epthinktank. Dostupné z: <https://epthinktank.eu/2024/04/15/ukrainian-agriculture-from-russian-invasion-to-eu-integration/map-of-areas-potentially-contaminated-by-mines/>. [cit. 2025-02-19].
- [3] WERKHÄUSER, Nina a HILLE, Peter. *Mines in Ukraine: "The threat is pervasive": 'The threat is pervasive'*. Online. Dw.com. 2022. Dostupné z: <https://www.dw.com/en/russian-mines-in-ukraine-the-threat-is-pervasive/a-63214795>. [cit. 2025-02-19].
- [4] *What is the definition of UGV?* Online. Advanced Navigation. Dostupné z: <https://www.advancednavigation.com/glossary/ugv/>. [cit. 2025-02-21].
- [5] LIU, Wei. Military intelligence. Online. *Integrated Human-Machine Intelligence*. 2023, s. 95-121. ISBN 9780323995627. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99562-7.00005-X>. [cit. 2025-02-21].
- [6] *Military UGVs – Unmanned Ground Vehicle*. Online. Defense Advancement. Dostupné z: <https://www.defenseadvancement.com/suppliers/military-ugv-unmanned-ground-vehicle/>. [cit. 2025-02-21].
- [7] BILINA, Michal. Development Trend of Autonomous Means in the Field of Minefield Establishment. Online. PEŠEK, Karel a DRMOTOVÁ, Kristýna (ed.). *UNIVERSITY OF DEFENCE. PhD Conference Proceedings: New Approaches to State Security Assurance*. 2024, roč. 18, s. 16-23. Dostupné z: <https://konference.unob.cz/dk-2024/>. [cit. 2025-01-23].
- [8] *A HANDBOOK OF MECHANICAL DEMINING*. Ženeva, Švýcarsko: Geneva International Centre for Humanitarian Demining, 2009. ISBN 2-940369-25-9.
- [9] *What's the Difference Between UAV and UAS?* Online. Jurovich Surveying. Dostupné z: <https://www.jurovichsurveying.com.au/faq/difference-uav-uas>. [cit. 2025-02-21].
- [10] LIANG, Oscar. *Types of Multicopter*. Online. Oscar Liang. 2016. Dostupné z: <https://oscarliang.com/types-of-multicopter/>. [cit. 2025-02-21].
- [11] SCHARTEL, Markus; BURR, Ralf; BÄHNEMANN, Rik; MAYER, Winfried a WALDSCHMIDT, Christian. An Experimental Study on Airborne Landmine Detection Using a Circular Synthetic Aperture Radar. Online. *Arxiv*. S. 1-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.02600>. [cit. 2025-02-21].
- [12] *LANDMINE AND IED ROLLERS*. Online. Humanistic Robotics Inc. Dostupné z: <https://humanisticrobotics.com/landmine-and-ied-rollers/>. [cit. 2025-02-21].
- [13] *PT300 D: DEMINING, EOD/IEDD, BAC MACHINE: MINE*. Online. Demostore. Dostupné z: <https://deminig.fae-group.com/landingPage/0193d51ee1977682a0a5d12e0803c27e>. [cit. 2025-02-21].
- [14] WITCHER, Glenn. *Reactive mine clearance unit Python (UK)*. Online. Военное обозрение. Dostupné z: <https://en.topwar.ru/150912-reaktivnaja-ustanovka-razminirovaniya-python-velikobritanija.html>. [cit. 2025-02-21].
- [15] VILČEK, Ivan. Slováci vybrali na odminovač pro Ukrajinu skoro polovinu částky. Božena už jde do výroby. Online. *Novinky*. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/clanek/zahranicni-slovaci-vybrali-na-odminovac-pro-ukrajinu-skoro-polovinu-castky-bozena-uz-jde-do-vyroby-40436883>. [cit. 2025-02-21].
- [16] *BOŽENA 5*. Online. Božena. Dostupné z: <https://www.bozena.eu/portfolio/bozena-5/>. [cit. 2025-02-21].

- [17] VYHNÁNEK, Petr. *Ukrajina obdržela švýcarské bezpilotní vozidlo GCS-200 na odminování a zneškodňování výbušnin. Dá se ovládat až z kilometrové vzdálenosti*. Online. Techsvět -. Dostupné z: <https://techsvet.cz/nejnovejsi-zpravy/ukrajina-obdrzela-svycarske-bezpilotni-vozidlo-gcs-200-na-odminovani-a-zneskodnovani-vybusnin-da-se-ovladat-az-z-kilometrove-vzdalenosti/mediatrend/>. [cit. 2025-02-21].
- [18] *Precision navigation systems for Unmanned Ground Vehicles – UGV*. Online. SBG Systems. Dostupné z: <https://www.sbg-systems.com/defense/ugv-unmanned-ground-vehicles/>. [cit. 2025-02-21].
- [19] MILITARNYI. *Роботи замість людей. Як працюють наземні дрони в бригаді "Хартія" (Roboti místo lidí. Jak fungují pozemní drony v brigádě Charty)*. Online. 2025. Dostupné z: Military; YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=slvkGZHb4DQ>. [cit. 2025-02-20].
- [20] GUTTENDORF, David; HAMILTON, Wilson; HARRIS HECKMAN, Anne; JONATHAN, Felix a KANNAPPAN, Prasanna. *UGV-UAV Object Geolocation in Unstructured Environments*. Online. *Arxiv*. Dostupné z: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.05518>. [cit. 2025-02-21].
- [21] *Tactics of Using FPV Drones by the Enemy (In Diagrams) and Methods of Counteraction*. Online. PDF. Russia, 2024. Dostupné z: <https://defcad.com/library/tactics-of-using-fpv-drones-by-the-enemy-in-diagrams-and-methods-of-counteraction-eng/>. [cit. 2025-01-23].
- [22] BENDETT, Samuell [@Samuell Bendett]. *Interesting video of a Ukrainian small UGV platform for demining ops*. Online. 2023. Dostupné z: X (formerly Twitter), <https://x.com/sambendett/status/1735652247793442897>. [cit. 2025-02-21].
- [23] *UR-77 Meteorit Russian Mine Clearing Vehicle*. Online. OE Data Integration Network. Dostupné z: https://odin.tradoc.army.mil/WEG/Asset/UR-77_Meteorit_Russian_Mine_Clearing_Vehicle. [cit. 2025-02-21].
- [24] *APOBS*. Online. Ensign-Bickford Aerospace. Dostupné z: <https://ebad.com/product/apobs/>. [cit. 2025-02-21].
- [25] BENDETT, Samuell [@Samuel Bendett]. *Russian military is using a small-sized Cobra UGV for demining ops in Donbas*. Online. 2022. Dostupné z: X (formerly Twitter), <https://x.com/sambendett/status/1546469395567976448>. [cit. 2025-02-21].
- [26] *MineWolf MW240*. Online. Vojsko.net Galerie. Dostupné z: <https://galerie.vojsko.net/displayimage.php?pid=23076>. [cit. 2025-02-21].
- [27] *Ukrainian Sappers Got Armtrac 400 Vehicles For Demining Operations (Video)*. Online. Defense Express. Dostupné z: https://en.defence-ua.com/weapon_and_tech/ukrainian_sappers_got_armtrac_400_vehicles_for_demining_operations_video-4760.html. [cit. 2025-02-21].
- [28] @SIMPATICO771 [@SIMPLICIUS Ψ]. *Drone uses a rope to bring a piece of metal to a mine with a magnetic sensor, causing it to detonate*. Online. 2024. Dostupné z: X (formerly Twitter), <https://x.com/simpatico771/status/1839178806847807955>. [cit. 2025-02-21].
- [29] @GRANDPAROY2 [@Roy]. *Ukraine has developed a drone mine-detector called "Brave 1"*. Online. 2024. Dostupné z: X (formerly Twitter), <https://x.com/GrandpaRoy2/status/1781228972053004636>. [cit. 2025-02-21].
- [30] PALASIEWICZ, Tibor. *Zatarasování - I*: studijní text. Brno: Univerzita obrany, 2013. ISBN 978–80–7231–951–0.
- [31] PALASIEWICZ, Tibor a SKALICKÝ, Pavel. *Možnosti zřizování protitankových minových polí prostředky pro minování na dálku v podmínkách AČR. Vojské rozhledy*. 2017, roč. 26, č. 1, s. 109-117. ISSN 2336-2995.
- [32] *For the First Time, russians Lost Their ISDM Zemledeliye Remote Mine-Laying System (Video)*. Online. Defense Express. 2023. Dostupné z: <https://en.defence->

- ua.com/news/for_the_first_time_russians_lost_their_isdm_zemledeliye_remote_mine_laying_system_video-5949.html. [cit. 2025-01-27].
- [33] *TM-62M Landmine*. Online. Cat-uxo. Dostupné z: <https://cat-uxo.com/explosive-hazards/landmines/tm-62m-landmine>. [cit. 2025-01-26].
- [34] *PTM-3 Landmine*. Online. Cat-uxo. Dostupné z: <https://cat-uxo.com/explosive-hazards/landmines/ptm-3-landmine>. [cit. 2025-01-26].
- [35] *PTM-4 Landmine*. Online. Cat-uxo. Dostupné z: <https://cat-uxo.com/explosive-hazards/landmines/ptm-4-landmine>. [cit. 2025-02-20].
- [36] *More than 40 UAVs and more than 20 ground robots have been authorized for operation in the Ukrainian Armed Forces*. Online. Militarnyi. 2024. Dostupné z: <https://mil.in.ua/en/news/more-than-40-uavs-and-more-than-20-ground-robots-have-been-authorized-for-operation-in-the-ukrainian-armed-forces/>. [cit. 2025-02-20].
- [37] MADROVSKÁ, Alexandra. *"Mangal s minou": protitankový dron "Sirko" dostal nová vylepšení: protitankový dron "Sirko" dostal nová vylepšení (video)*. Online. ФОКУС. Dostupné z: <https://focus.ua/digital/580177-mangal-s-minoy-protivotankovyy-dron-sirko-poluchil-novye-uluchsheniya-video>. [cit. 2025-02-20].
- [38] CHAPPLE, Amos. *Ground Drones: The Next Frontier Of Unmanned Combat In Ukraine*. Online. Nenalezený vydavateľ. 2024. Dostupné z: <https://www.rferl.org/a/ground-drones-war-russia-invasion-ukraine/32911118.html>. [cit. 2025-02-20].
- [39] *The Armed Forces of Ukraine Hit Russian Unmanned Mining System*. Online. Militarnyi. 2024. Dostupné z: <https://mil.in.ua/en/news/the-armed-forces-of-ukraine-hit-russian-unmanned-mining-system/>. [cit. 2025-02-20].
- [40] @THEDEADDISTRICT [@TheDeadDistrict]. *SU-4 - Self Propelled 4 wheeled UGV*. Online. 2023. Dostupné z: X (formerly Twitter), <https://x.com/TheDeadDistrict/status/1724005538697007109>. [cit. 2025-02-20].
- [41] VISINGR, Lukáš. Minovací Rosomacha: Nová role pro ruskou terénní čtyřkolku. *ATM*. 2023, roč. 55, č. 12, s. 19-19. ISSN 1802-4823.
- [42] TECHNO THUNDER. *New Russian Impulse KPTM UGV can scatter up to 120 anti tank and anti personnel mines*. Online. Dostupné z: Techno Thunder; YouTube, <https://www.youtube.com/watch?v=5EQ0PdwODDY>. [cit. 2025-02-20].
- [43] @GRANDPAROY2 [@GrandpaRoy2]. *A Ukrainian UGV minelayer with a Starlink antenna*. Online. 2024. Dostupné z: X (formerly Twitter), <https://x.com/GrandpaRoy2/status/1881431751018635352>. [cit. 2025-02-20].
- [44] *Платформа GNOM-камікадзе під танкову міну*. Online. Temerland | Беспилотные наземные комплексы. Dostupné z: <https://temerland.com/rishennya/platforma-gnom-kamikadze-pid-tankovu-minu/>. [cit. 2025-02-20].
- [45] *Наземна роботизована платформа для мінування гном-мінер*. Online. Temerland | Беспилотные наземные комплексы. Dostupné z: <https://temerland.com/rishennya/nazemna-robotyzovana-platforma-dlya-minuvannya-gnom-miner/>. [cit. 2025-02-20].
- [46] TINTĚRA, Jiří. *UGV Ratel S (pozemní úderné vozidlo)*. Online. Armedconflicts.com. Dostupné z: <https://www.armedconflicts.com/Ratel-S-UGV-t277612>. [cit. 2025-02-20].
- [47] ХАНДУСЕНКО, Наталя. *Черкаські розробники створили універсальний наземний дрон 3 в 1: мінер-камікадзе-забезпечення (відео)*. Online. Dev.ua. 2024. Dostupné z: <https://dev.ua/news/cherkaski-rozrobnyky-stvoryly-universalnyi-dron-3-v-1-miner-kamikadze-zabezpechennia-1716190530>. [cit. 2025-02-20].

OPERAČNÍ DOMÉNA VESMÍR

OPERATIONAL DOMAIN SPACE

Ondřej BYRTUS¹

Abstrakt

Vesmír se stává klíčovou operační doménou s jeho rostoucím strategickým významem pro širokou škálu aktérů. Článek se zabývá dynamikou využívání vesmíru státními i nestátními aktéry, jeho rolí v civilním i vojenském sektoru a hrozbami spojenými s přehlcováním oběžných drah Země v důsledku rostoucího počtu satelitů. Článek rovněž upozorňuje na problematiku vesmírného odpadu a jeho vlivu na činnost na oběžných drahách. Zvláštní důraz je kladen na geopolitické souvislosti a rostoucí militarizaci vesmíru, včetně vývoje proti-satelitních technologií a regulačních rámců, jako je Smlouva o vesmíru z roku 1967. V návaznosti na legislativní rámec článek upozorňuje na absenci jasných definic základních pojmů, které jsou klíčové pro aplikaci mezinárodního práva. V závěru je pospána angažovanost České republiky ve vesmíru.

Klíčová slova:

operační doména, vesmír, satelity, vesmírný odpad, bezpečnostní prostředí

Abstract

Space is becoming a key operational domain with its growing strategic importance for a wide range of actors. The article examines the dynamics of space utilization by both state and non-state actors, its role in the civilian and military sectors, and the threats associated with the overcrowding of Earth's orbits due to the increasing number of satellites. It also highlights the issue of space debris and its impact on orbital activities. Special emphasis is placed on the geopolitical context and the growing militarization of space, including the development of anti-satellite technologies and regulatory frameworks such as the 1967 Outer Space Treaty. In relation to the legislative framework, the article points out the absence of clear definitions of fundamental terms that are crucial for the application of international law. Finally, the article describes the Czech Republic's involvement in space activities.

Key words:

operational domain, space, satellites, space debris, security environment

ÚVOD

V posledních desetiletích se vesmír stal nejen klíčovým prvkem vědeckého a technologického pokroku, ale také strategickou oblastí, která přitahuje činnost státních i nestátních aktérů. Jeho význam hraje důležitou roli jak v civilní, tak ve vojenské sféře. Příkladem může být globální polohový systém (GPS – Global Positioning System), s jehož využitím je možné se setkávat v každodenním životě – navigace v dopravě nebo při turistice. Ve vojenské sféře se lze setkat s využitím GPS satelitů k provedení přesunů, k upřesnění polohy cíle, k dopravení munice na cíl nebo k plánování trasy letu bezpilotních systémů, které slouží ke sledování prostoru zájmu. Kromě GPS je možné využitelnost satelitů nalézt také v oblastech telekomunikace, meteorologie a sledování klimatu, vzdálený průzkum země, geodézie a kartografie, komunikace nebo např. sledování balistických střel (jako forma včasného varování).

Je pochopitelné, že každý stát chce potenciál vesmíru využít ve svůj prospěch, ať už z hlediska ekonomického, informačního, vojenského nebo technologického. Otázkou však zůstává, do jaké míry budou těmito státy tolerovány činnosti států jiných. Technologický pokrok, činnost různých aktérů (státních nebo nestátních) na oběžných drahách, ať už kinetická nebo nekinetická, a hlavně nutnost zajistit vlastní bezpečnost a prosperitu vedla Severoatlantickou alianci (NATO – North Atlantic Treaty

¹ por. Ing. Ondřej Byrtus, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, Brno, ondrej.byrtus@unob.cz

Organization) v roce 2019 k uznání páté operační domény – vesmír [1]. Z hlediska doktrinálního rámce není ještě vesmírná operační doména plně podchycena. Existuje mnoho termínů, které nejsou jasně definovány. Oddělení doktrín a standardizací centra excellence NATO pro vesmír v současné době zpracovává doktrinální rámec, s jehož finalizací se předpokládá k roku 2026 [2].

1 OPERAČNÍ DOMÉNA VESMÍR

Za vesmírnou doménu je možné označit rozsáhlé území, které se nachází mimo zemskou atmosféru, zahrnuje oběžné dráhy, nebeská tělesa (včetně měsíce) a samotný prostor. Dle ATP 2-01.3 „*vesmírná doména je oblast nad výškou, kde se atmosférické účinky na objekty ve vzduchu stávají zanedbatelnými*“ [3]. Počátek jeho hranice lze definovat pomocí tzv. Kármánovy linie, což představuje 100 km nadmořské výšky. Je to v podstatě jediná hranice, která definuje, kde je přechod z vzdušného prostoru do vesmíru, ale už neexistuje žádná hranice, která by určovala, kde vesmír končí. V tomto pojetí nemá vesmír od Kármánovy linie téměř žádná prostorová vertikální a horizontální omezení. I přesto, že je jeho prostor téměř neomezený, tak jeho využití s sebou nese mnoho omezení. Prostor je nehostinný – vakuum, extrémní teploty, mikrogravitace nebo její úplná absence jsou pouze některé aspekty, které činí vesmír (včetně nebeských těles), alespoň tak jak ho známe dnes, člověkem neobyvatelný. Věda a technologický pokrok umožnily, aby i přes veškerá omezení mohl být vesmír, převážně oběžné dráhy Země, využíván ve prospěch států, jejich zájmů nebo zajišťování národní obrany [4].

Důležitý milník, který odstartoval tzv. „Space Age“, nastal v roce 1957, kdy se sovětskému svazu podařilo na oběžnou dráhu dopravit satelit Sputnik 1 [5]. Využívání oběžných drah vesmíru s sebou přinášelo mnoho nových možností např. satelitní komunikaci nebo dálkový průzkum Země. Zpočátku bylo působení ve vesmíru ekonomicky velmi náročné, a pouze hlavní světové síly se v ní dokázaly angažovat. Možnost působení ve vesmíru si brzy našlo uplatnění i ve vojenském sektoru, kdy byly satelity využívány hlavně k lokalizaci odpališť balistických raket a k detekci jejich případného odpálení. Později se využití satelitů pro vojenské účely rozšířilo o plnění úkolů komunikace, velení a řízení, meteorologie, signálové zpravodajství (SIGINT), navigaci a GPS [6]. Postupem času vznikala nutnost regulace činnosti ve vesmíru, a s tím spojená tvorba legislativního rámce, konkrétně *Smlouvy o zásadách činnosti států při výzkumu a využívání kosmického prostoru včetně Měsíce a jiných nebeských těles* z roku 1967, zkráceně *Smlouva o vesmíru*. Signatářské státy této smlouvy, kterých je k červnu 2024 celkem 115, souhlasí s jejím stanoviskem, tedy o využívání vesmíru výhradně za účelem mírového rozvoje prosperity států, výzkumu a zajišťování bezpečnosti. Smlouva zakazuje signatářským státům nasazování nosičů jaderných zbraní nebo zbraní hromadného ničení na oběžné dráhy, stejně tak zakazuje „*zřizování vojenských základen, instalací opevnění, testování jakéhokoliv druhu zbraní a provádění vojenských manévruů na nebeských tělesech...*“ [7]. Úmluva hovoří pouze o přímém nasazení zbraní (jaderných nebo jiných zbraních hromadného ničení) ve vesmíru, ale nezakazuje využití vesmíru pro podporu vojenských činností v jiných doménách – např. nezakazuje podporu pozemního manévru poskytováním satelitních snímků nebo umožňování satelitní komunikace za účelem koordinace manévru vojsk. Tato „mezera“ vedla státy ke změně k přístupům ve strategii při zajišťování vlastní bezpečnosti. Na tento problém je možné nahlédnout ze dvou úhlů pohledu – zaprvé jako na příležitost využívání satelitů k získávání informací o činnosti nepřítele (jeho rozmístění, přesuny vojsk, přemísťování strategicky významné bojové techniky nebo rozkrývání jeho postavení), počásí nebo k podpoře systému velení a řízení (prostřednictvím satelitní komunikace). Zadruhé jako hrozbu, protože nepřítel může provádět totéž. V obou případech se jedná o paradox, kdy vojenské využití vesmíru nakonec vedlo k vývoji prostředků k zabránění jeho efektivního využití. Vznikají tedy tzv. proti-satelitní (ASAT – Anti-Satellite) prostředky, které je možné rozdělit na kinetické a nekinetické [8].

Příkladem kinetických ASAT prostředků mohou být tzv. proti-satelitní rakety s přímým výstupem (DA-ASAT – Direct Ascent Anti-Satellite), se kterými je možné se setkat u nosičů všech tří tradičních domén operačního prostředí (země, moře, vzduch), tedy u letadel², lodí³ a pozemních platform⁴. Pokud jsou

² ASM-135A ASAT raketa, která byla vystřelena roku 1985 z letounu F-15A na satelit Spojených států amerických [9].

³ RIM-161 Standard Missile 3. Primární slouží k ochraně proti balistickým raketám, ale dokáže působit i ve vakuu, tedy i ve vesmíru. V kontextu ASAT prostředku byla využita v roce 2008 ke zničení nefunkčního průzkumného satelitu USA [10].

⁴ SC-19 je DA-ASAT raketa, která byla v roce 2007 využita ke zničení meteorologického satelitu. Raketa byla Čínou odpálena z nosiče Dong Feng-21D (CSS-5) [11].

tyto kinetické prostředky využity k ničení satelitů, vzniká tak trvalý, nevratný a destruktivní efekt, který zanechává vesmírný odpad, jehož pohyb po orbitu je téměř nekontrolovatelný [12]. Z tohoto důvodu byla v roce 2022 Valným shromážděním Organizace spojených národů (OSN) přijata rezoluce, která vyzývala státy, aby nerealizovaly testy kinetických ASAT prostředků [13]. Za nekinetické ASAT prostředky lze považovat takové činnosti a platformy, které snižují nebo zamezují funkčnost senzorů a/nebo komunikačních schopností satelitů. Tohoto je docíleno zpravidla využitím elektromagnetického rušení nebo kybernetických útoků [14].

1.1 SPORNÁ A PŘEHLLENÁ DOMÉNA

Pokud bychom srovnávali vesmírnou doménu s kteroukoliv jinou „tradiční“ operační doménou uznávanou v NATO, narazili bychom na relativně velké odlišnosti. Například, u pozemní domény je veškerý pohyb omezen terénem, infrastrukturou, různými geografickými překážkami (hory, řeky nebo urbanizované oblasti). Z legislativního hlediska je tento pohyb dále limitován vydefinovanými hranicemi území jednotlivých států. Přesun vojenských sil na území jiného státu by mohl být vnímán jako hrozba, a tedy porušení článku 2, odstavce 4 Charty OSN. Výskyt vojenských sil jednoho státu na území státu druhého by mohl narušovat jeho suverenitu a územní celistvost. Avšak povaha pozemní domény umožňuje realizovat veškerý pohyb tak, jak je v danou chvíli potřeba, stejně tak umožňuje, aby tyto vojenské jednotky byly stacionární. Na oběžných dráhách Země nejsou téměř žádné fyzické překážky, avšak veškerý pohyb těles, tedy i satelitů, na těchto dráhách, je dán Keplerovými zákony o pohybu planet [15]. Vlivem přirozené rotace Země a rychlostí pohybu těles po oběžné dráze dochází k tomu, že satelity (které mohou být dvojího užití, tedy civilně-vojenské) běžně „překračují“ státní hranice jiných států.⁵ Vzhledem k tomu, že *Smlouva o vesmíru* deklaruje pouze mírové využití vesmíru, není tato situace vnímána jako narušení územní celistvosti a suverenity cizích států, což představuje „spornou“ povahu operační domény vesmír.

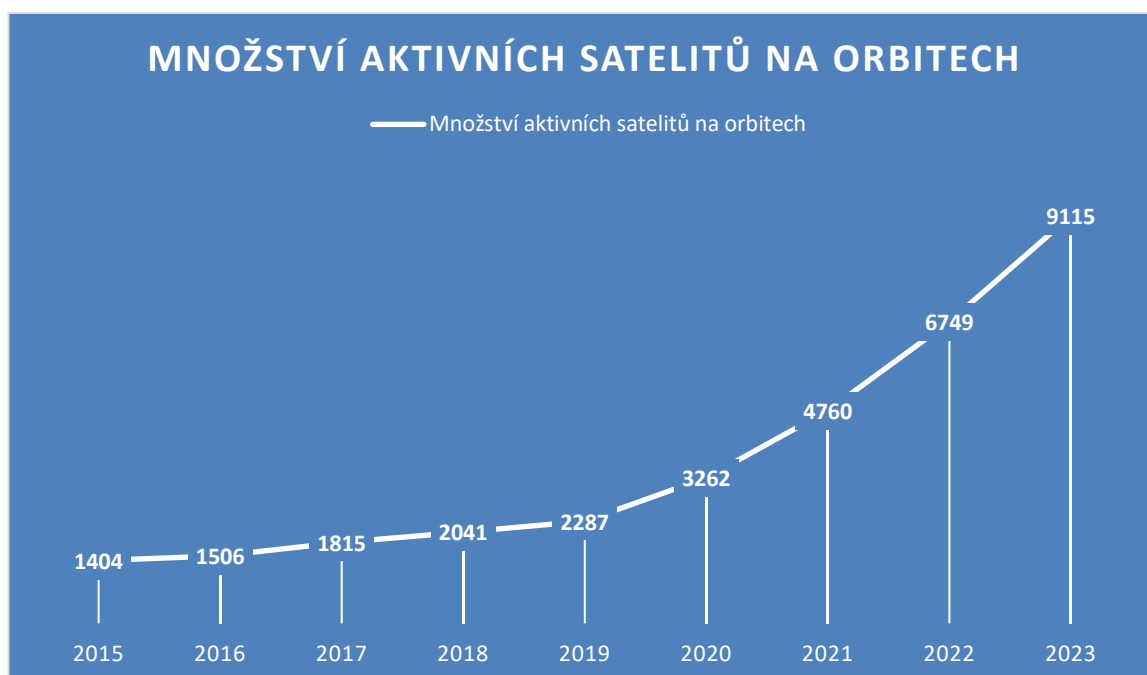
S otázkou legislativy se rovněž pojí hrozba vyzbrojování vesmíru, což lze definovat jako „umístění, rozmístění, šíření a testování zbraní ve vesmíru“ [17]. Pojem „zbraň“ v kontextu vesmírné bezpečnosti není jasně definován, což vedlo mnoho států k využívání termínu „protivesmírné technologie“ [17]. Chybějící definice toho, co se ve vesmíru považuje za „zbraň“, může vést k rozdílným interpretacím mezinárodních úmluv, a tedy provádět takové činnosti s takovými prostředky, které mohou být druhou stranou vnímány jako porušení úmluv a potenciální akt agrese.

Komerencializace a proliferace vesmíru představují další trend, který do budoucna může být vnímán jako hrozba, tedy přehlčení operační domény vesmír⁶. Níže uvedený obrázek 1 poukazuje na několikanásobný nárůst množství aktivních satelitů na oběžných dráhách od roku 2015 do roku 2023. Databáze neposkytuje informace o množství aktivních satelitů na orbitu pro rok 2024, dle jiného zdroje bylo v tomto roce na orbitu přibližně 10 019 aktivních satelitů, s tím že asi 92 % z nich se pohybuje na nízké oběžné dráze (LEO – Low Earth orbit).⁷ Každoroční nárůst množství satelitů na oběžných dráhách Země je aspekt, který činí operační doménu vesmír „přehlčenou“.

⁵ Výjimku tvoří satelity na geostacionární oběžné dráze, které Zemi obíhají nad rovníkem v přesné synchronizaci s otáčením Země (tzn. že satelit je trvale zaměřen na stejnou oblast) [16].

⁶ V kontextu množství objektů na oběžných dráhách Země.

⁷ Jedná se pouze o aktivní satelity, do počtů nejsou zahrnuty nefunkční a vyřazené satelity.



Obr. 1 Množství aktivních satelitů na orbitech v letech 2015-2023 [18]

Megakonstalace satelitní sítě Starlink společnosti SpaceX má k lednu 2025 na LEO přibližně 7 000 satelitů [19]. Technologický pokrok a vývoj umožnil společnosti SpaceX významně snížit nákladnost letů na oběžnou dráhu. Příkladem je znovupoužitelná raketa Falcon 9, která je poháněna motorem Merlin. Tato raketa umožňuje znovupoužití více než 10krát s minimální potřebou na servisní údržbu mezi jednotlivými lety, [20] což může u jednotlivých letů představovat až o 65 % nižší finanční nákladnost [21]. Tím, že se finanční nákladnost jednotlivých letů na orbit razantně snížila, lze očekávat, že i menší společnosti, které se profilují poskytováním satelitních služeb budou schopny své produkty dopravit⁸ na orbit v mnohem větším počtu.

Čím dále zvyšující se množství jakýchkoliv objektů na orbitu zvyšuje náročnost na koordinaci trajektorií jednotlivých satelitů tak, aby nedocházelo k nechtěným kolizím s jinými objekty. Vesmírné situační povědomí představuje funkci, která umožňuje alespoň částečně nechtěným kolizím předejít. Předpokladem je poskytnutí tzv. efemerid, tedy údajů o poloze a rychlosti obíhajícího nebeského tělesa [23], do světové databáze Space-Track.org. Na základě těchto údajů je následně možné na orbity vysílat další satelity a „nastavit“ jejich trajektorii tak, aby nedošlo ke kolizi s ostatními objekty, které jsou ve vesmírném situačním povědomí zohledněny. Avšak satelity, které jsou vyřazené, včetně výše zmíněného vesmírného odpadu a jiných nebeských těles, se po orbitu pohybují téměř nekontrolovatelně a pro satelity, nebo jakékoliv jiné objekty, představují hrozbu tím, že je při nárazu mohou vyřadit z provozu, vytvořit další vesmírný odpad anebo vychýlit z kurzu, což vede k tzv. Kesslerovu efektu⁹ [24]. Společnost SpaceX do svých satelitů pro případ kolize s jinými objekty integruje iontové pohonné systémy, které jim umožňují manévrovat ve vesmíru a předejít tak nechtěné kolizi [26]. Dalším způsobem, jak je možné riziku nárazu předejít je využití vesmírných kontrolních stanic, které se pohyb těchto objektů snaží monitorovat [27]. Předpokladem pro snížení rizika nechtěných kolizí je mezinárodní spolupráce a sdílení zjištěných informací.

⁸ V blízké budoucnosti nelze předpokládat, že menší společnosti budou své satelity na orbit dopravovat svépomocí. SpaceX v současné době představuje monopol v oblasti vesmírné dopravy a pravděpodobně bude menším společnostem poskytovat službu v podobě dopravy na orbit [22].

⁹ Kesslerův efekt je hypotetický scénář, při kterém se množství kosmického odpadu na LEO dostane do bodu, kdy se kolize stávají častější a produkují ještě více vesmírného odpadu. Tato řetězová reakce by mohla vést až k znemožnění budoucích vesmírných operací [25].

1.2 ČESKÁ REPUBLIKA A OPERAČNÍ DOMÉNA VESMÍR

Angažovanost České republiky v oblasti vesmírných aktivit, a to jak na poli vědeckého výzkumu, tak v rozvoji kosmického průmyslu, v posledních letech narůstá. Klíčovým aspektem je pro Českou republiku členství v Evropské kosmické agentuře (ESA – European Space Agency), jejímž partnerem je od roku 2008 [28]. „Cílem ESA je zajišťovat a podporovat spolupráci mezi členskými státy ESA v oblasti kosmického výzkumu a technologií za výlučně mírovými účely a vývoj jejich kosmických aplikací s úmyslem jejich využití pro vědecké účely a pro funkční systémy kosmických aplikací“ [29]. V České republice existuje celá řada perspektivních firem, které se profilují v různých vesmírných aktivitách. Do širokého spektra produktů těchto firem spadají radiační detektory [30], komponenty a díly nosných konstrukcí [31] nebo zakázková výroba družic [32]. Uvedené produkty představují pouze část „vesmírného“ trhu České republiky.

Nejaktuálnější úspěch České republiky je vyslání její zatím největší družice SATurnin-1, jehož úkolem je pořizování snímků planety. SATurnin-1 se na oběžnou dráhu dostal ve spolupráci se společností SpaceX, která k transportu využila raketu Falcon-9. Zvláštností této družice je, že není závislá na zahraničních technologiích. Vývoj družice probíhal za vzájemné spolupráce Ministerstva obrany. Cílem této spolupráce bylo rozšíření schopností Vojenského zpravodajství a jeho Satelitního centra (SATCEN). Pro Vojenské zpravodajství představuje SATurnin-1 domácí zdroj satelitních dat, který jim umožní sledovat zájmové oblasti bez závislosti na zahraničních komerčních dodavatelích těchto služeb [33].

SATCEN vzniklo na základě úkolu Vojenského zpravodajství a závazků vůči NATO k roku 2018 a své plné operační působnosti pro plnění úkolů NATO dosáhlo v roce 2020. „Úkolem SATCEN je poskytovat konkrétní, detailní a přesné zpravodajské informace o zájmových oblastech a pozicích zájmových objektů dle jednotlivých požadavků“ [34]. Mimo jiné, je SATCEN schopen programovat družice napřímo a stejně tak i přijímat data [34].

Dalším významným milníkem pro ČR, respektive Armádu ČR, je její přistoupení k Centru excellence NATO pro vesmír v roce 2023 [35]. Centrum slouží k poskytování znalostí, analýzy a produktů, které se týkají tří funkcí operační domény vesmír (vesmírné situační povědomí, operační vesmírná podpora a vesmírná koordinace), podněcování sdílení expertízy a interoperability v oblasti vesmíru. Zároveň představuje most mezi NATO a všemi příslušnými národními a mezinárodními vesmírnými organizacemi ze sektoru obrany, civilního sektoru, průmyslu, akademické sféry a výzkumu [36].

2 ZAMĚŘENÍ VÝZKUMU

Autor článku se ve výzkumu bude zaměřovat na vliv vesmírné domény na operace blízké budoucnosti. Bezpečnostní strategie České republiky 2023 označuje velmoci jako je Čína a Rusko za hrozby, tedy jako potenciální protivníky, jejichž záměrem je oslabení vlivu a jednoty demokratických zemí. Společně se Spojenými státy americkými představují hlavní současné aktéry ve vesmírné operační doméně.

Autor bude v práci identifikovat stakeholders, na které může vesmírná doména působit, příležitosti a hrozby, které mají vliv na plnění úkolů vybraných jednotek AČR ve vojenských operacích blízké budoucnosti. Předpokládaným cílem disertační práce bude vytvoření konceptu k dosahování operační pohotovosti vybraných jednotek AČR při vedení vojenských operací blízké budoucnosti tak, aby se tyto jednotky dokázaly adaptovat na implementaci vesmírné domény a využily její potenciál. Autor disertační práce dosáhne cíle využitím metod managementu rizika, zejména kvalitativních a semikvantitativních metod identifikace hrozeb a ovládání rizik. V oblasti managementu lze předpokládat využití postupů DOTMLPFI, PESTL analýzy či benchmarkingu. Zmíněné metody a postupy umožní autorovi navrhnout protipatření a následně nastavit procesy a kompetence systému velení a řízení ve vazbě na vesmírnou operační doménu.

Teoretickým přínosem disertační práce bude vytvoření konceptu dosahování operační pohotovosti ve vesmírné doméně. Praktický přínos práce spočívá v identifikaci požadavků na rozvoj schopností u vybraných jednotek AČR, identifikace příležitostí a hrozeb při využívání vesmírné domény při vojenských operacích blízké budoucnosti, návrh upraveného systému velení a řízení ve vazbě na vesmírnou operační doménu.

ZÁVĚR

Od uznání vesmíru jako páte operační domény NATO v roce 2019 se jeho role v oblasti obrany a bezpečnosti významně změnila. Tento vývoj souvisí nejen s technologickým pokrokem, ale také s proměnlivým geopolitickým prostředím, které reflektuje rostoucí význam vesmírné sféry.

Využití vesmíru již dávno přesáhlo hranice vědeckého výzkumu a průzkumu planetárních těles. Dnes se jedná o zásadní součást vojenských operací, přičemž satelity hrají klíčovou roli v navigaci, komunikaci, zpravodajství a detekci hrozeb. Tento trend vedl k tomu, že vesmír přestal být výlučně mírovou oblastí a začal být vnímán jako potenciální prostor pro vojenské střety. Mezinárodní právo, zejména Smlouva o vesmíru z roku 1967, stanovuje základní pravidla pro využívání vesmíru, především zákaz rozmísťování zbraní hromadného ničení na oběžných dráhách a nebeských tělesech. Avšak právní rámec není dostatečně komplexní na to, aby zabránil vývoji technologií, které mohou být použity k agresivním vojenským účelům.

Jedním z největších problémů současnosti je rostoucí množství vesmírného odpadu, který vzniká nejen přirozeným opotřebením satelitů, ale také záměrnými testy zbraní. Destrukce satelitů může způsobit množení trosek, které ohrožují další objekty na oběžné dráze a mohou vést k tzv. Kesslerovu efektu. Technologický pokrok, zejména v oblasti levnějších a efektivnějších nosných raket, zpřístupnil vesmír širšímu okruhu států i soukromým společnostem. To vedlo k dramatickému nárůstu počtu satelitů na oběžné dráze. Komercializace vesmíru přináší nové výzvy, včetně přehlcení orbitálních drah a nutnosti lepší regulace satelitního provozu.

Budoucnost vojenských operací bude stále více záviset na využití vesmírných technologií. To zahrnuje nejen tradiční funkce, jako je satelitní komunikace a navigace, ale i pokročilejší formy zpravodajství, detekci hrozeb a obranné systémy proti kybernetickým útokům zaměřeným na satelitní infrastrukturu. Vzhledem k dynamice současného geopolitického prostředí a rostoucímu napětí mezi velmocemi, jako jsou Spojené státy, Čína a Rusko, je pravděpodobné, že vývoj vojenských technologií ve vesmíru bude pokračovat. Je tedy nutné najít způsoby, jak regulovat využívání vesmíru tak, aby jeho účel sloužil k mírovému rozvoji států a jejich prosperity, aniž by došlo k eskalaci konfliktů.

Vesmír jako operační doména představuje nové příležitosti a hrozby. Zatímco umožňuje lepší koordinaci vojenských operací, rozvoj komunikace a navigačních systémů, zároveň přináší výzvy v podobě jeho militarizace, regulace satelitního provozu a správy vesmírného odpadu. Do budoucna bude klíčové, jakým způsobem se mezinárodní společenství postaví k otázce regulace, spolupráce a ochrany vesmíru jako klíčové strategické oblasti. Česká republika má možnost hrát aktivní roli v tomto procesu a přispět k formování politiky vesmírné bezpečnosti nejen na evropské, ale i na globální úrovni.

Použitá literatura

- [1] *NATO's overarching Space Policy*. Online. North Atlantic Treaty Organization. 2019. Dostupné z: https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_190862.htm. [cit. 2025-01-10].
- [2] *Doctrine and Standardization*. Online. NATO Space Centre of Excellence. Dostupné z: <https://space-coe.org/doctrine-and-standardization/>. [cit. 2025-01-10].
- [3] *Intelligence Preparation of the Operational Environment* ATP 2-01.3. In: Headquarters, Department of the Army, 2019, s. 8-3.
- [4] *Living in space*. Online. The European Space Agency. Dostupné z: https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Astronauts/Living_in_space. [cit. 2025-01-11].
- [5] KEREM, Batir a SEKER, Pervin. Uzayın Barışçıl Amaçlarla Keşif ve Kullanımı İkesi Bakımından Uyduların Kullanımı. *Public and Private International Law Bulletin*. 2023, s. 625-626.
- [6] JORDÁN, Javier. Great Powers Competition and Outer Space Militarization. *ARAUCARIA-REVISTA IBEROAMERICANA DE FILOSOFIA POLITICA Y HUMANIDADES*. 2023, roč. 53, č. 25, s. 172.

- [7] *RESOLUTION ADOPTED BY THE GENERAL ASSEMBLY, 2222 (XXI). Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies.* Online. UNITED NATIONS Office for Outer Space Affairs. [cit. 2025-01-13].
- [8] JORDÁN, Javier. Great Powers Competition and Outer Space Militarization. Online. *ARAUCARIA-REVISTA IBEROAMERICANA DE FILOSOFIA POLITICA Y HUMANIDADES*. Roč. 2023, č. 25, s. 172. ISSN 1575-6823. [cit. 2025-01-28].
- [9] *Vought ASM-135A Anti-Satellite Missile.* Online. National Museum of the United States Air Force. Dostupné z: <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/198034/vought-asm-135a-anti-satellite-missile/>. [cit. 2025-01-17].
- [10] *Standard Missile-3 (SM-3).* Online. Missile Threat CSIS Missile Defense Project. 9. 3. 2023. Dostupné z: <https://missilethreat.csis.org/defsyst/sm-3/>. [cit. 2025-01-17].
- [11] WEEDEN, Brian. *2007 Chinese Anti-Satellite Test.* Online. Secure World Foundation. Dostupné z: https://swfound.org/media/9550/chinese_asat_fact_sheet_updated_2012.pdf. [cit. 2025-01-17].
- [12] GURANTZ, Ron. *Satellites in the Russia-Ukraine War.* Online. Strategic Studies Institute. Roč. 2024, s. 17-18. ISSN 1-58487-857-6. [cit. 2025-01-28].
- [13] FOUST, Jeff. *United Nations General Assembly approves ASAT test ban resolution.* Online. SPACE NEWS. 2022. Dostupné z: <https://spacenews.com/united-nations-general-assembly-approves-asat-test-ban-resolution/>. [cit. 2025-01-30].
- [14] STEFANOVICH, Dmitry V. Russia's vision for a great power rivalry in space. Online. *JOURNAL OF SPACE SAFETY ENGINEERING*. Roč. 2023, č. 10, s. 3. ISSN 2468-8975. [cit. 2025-01-30].
- [15] *Orbits and Kepler's Laws.* Online. NASA. 2008. Dostupné z: <https://science.nasa.gov/resource/orbits-and-keplers-laws/>. [cit. 2025-01-17].
- [16] MAJER, Dušan. *Druhy oběžných drah.* Online. KOSMONAUTIX.CZ. 2020. Dostupné z: <https://kosmonautix.cz/2020/04/08/druhy-obeznych-drah/>. [cit. 2025-01-17].
- [17] *Threats to the security of space activities and systems.* Online. S. 3. Dostupné z: https://documents.unoda.org/wp-content/uploads/2022/08/20220817_A_AC294_2022_WP16_E_UNIDIR.pdf. [cit. 2025-01-20].
- [18] *Number of active satellites from 1957 to 2023.* Online. Statista. 2024. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/897719/number-of-active-satellites-by-year/>. [cit. 2025-01-23].
- [19] PULTAROVA, Tereza. *Starlink satellites: Facts, tracking and impact on astronomy.* Online. SPACE.com. 2025. Dostupné z: <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>. [cit. 2025-02-07].
- [20] *Reducing the Cost of Space Travel with Reusable Launch Vehicles.* Online. National Security Technology Accelerator. 2024. Dostupné z: <https://nstxl.org/reducing-the-cost-of-space-travel-with-reusable-launch-vehicles/>. [cit. 2025-02-07].
- [21] STOCKLEY, Adam. *The Rise of Reusable Rockets: Transforming the Economics of Space Travel.* Online. KDC Resource. 2023. Dostupné z: <https://shorturl.at/7gNzw>. [cit. 2025-02-07].
- [22] CHIARAVALLI, Veronica. *Can SpaceX be considered a monopoly?* Online. The St Andrews Economist. 2024. Dostupné z: <https://standrewseconomist.com/2024/10/18/can-spacex-be-considered-a-monopoly/>. [cit. 2025-02-07].
- [23] *Glossary.* Online. Centre for Near Earth Objects Studies. Dostupné z: <https://cneos.jpl.nasa.gov/glossary/ephemeris.html>. [cit. 2025-02-03].
- [24] *Interview of the Chief Designer of the Russian Space Control System.* Online. Russia Defence Forum. 2021. Dostupné z: <https://www.russiadefence.net/t4787p25-russian-space-control-system-skkp>. [cit. 2025-02-01].

- [25] *The Kessler Effect and how to stop it*. Online. The European Space Agency. Dostupné z: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/The_Kessler_Effect_and_how_to_stop_it. [cit. 2025-02-05].
- [26] *Satelitní technologie*. Online. STARLINK. Dostupné z: <https://www.starlink.com/technology>. [cit. 2025-02-04].
- [27] MATNEY, Mark. Measuring small debris – what you can't see can hurt you. Online. Dostupné z: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160011226/downloads/20160011226.pdf>. [cit. 2025-02-08].
- [28] *Jak si vede ČR ve vesmíru? Aneb našich 15 let v ESA*. Online. VĚDAVÝZKUM.cz. 2023. Dostupné z: <https://vedavyzkum.cz/veda/z-domova/jak-si-vede-cr-ve-vesmiru-aneb-nasich-15-let-v-esa?utm>. [cit. 2025-02-01].
- [29] *Evropská kosmická agentura*. Online. Velké výzkumné infrastruktury. Dostupné z: <https://www.vyzkumne-infrastruktury.cz/mezinarodni-organizace-vyzkumu/esa/>. [cit. 2025-02-01].
- [30] *ADVACAM*. Online. Dostupné z: <https://advacam.com>. [cit. 2025-02-01].
- [31] *ATC Space*. Online. Dostupné z: <https://www.atc-space.cz>. [cit. 2025-02-01].
- [32] *TRL SPACE*. Online. Dostupné z: <https://www.trlspace.cz>. [cit. 2025-02-01].
- [33] ZAPLETAL, Patrik. *SATurnin-1: NEJVĚTŠÍ ČESKÁ DRUŽICE VE VESMÍRU BUDE SLOUŽIT OBRANĚ A BEZPEČNOSTI*. Online. Czech Space Portal. 2025. Dostupné z: <https://www.czechspaceportal.cz/saturnin-1-nejvetsi-ceska-druzice-ve-vesmiru-bude-slouzit-obrane-a-bezpecnosti/>. [cit. 2025-02-01].
- [34] *Satelitní centrum – SATCEN*. Online. Vojenské zpravodajství. Dostupné z: <https://vzcr.gov.cz/satelitni-centrum-satcen-47>. [cit. 2025-02-01].
- [35] PAĎOUREK, D. *Česká republika se podpisem připojila k Centru excelence NATO pro vesmír*. Online. Armáda ČR. 2023. Dostupné z: <https://acr.mo.gov.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/ceska-republika-se-podpisem-pripojila-k-centru-vyjimecnosti-nato-pro-vesmir-241723/>. [cit. 2025-02-01].
- [36] *IMPROVEMENT AND TRANSFORMATION OF SPACE POWER*. Online. NATO Space Centre of Excellence. Dostupné z: <https://space-coe.org>. [cit. 2025-02-01].

AUTONOMNÍ SYSTÉMY V OZBROJENÝCH SILÁCH: VÝZVY A ÚSKALÍ PRÁVNÍ REGULACE

AUTONOMOUS SYSTEMS IN ARMED FORCES: CHALLENGES AND PITFALLS OF LEGAL REGULATION

Kamil FILIP¹

Abstrakt

Autonomní technologie se stávají klíčovou součástí moderních ozbrojených sil. Jejich rostoucí význam však přináší nejen technologické výzvy, ale i zásadní etické a právní otázky. Tento článek se zaměřuje na aktuální právní regulaci autonomních systémů v ozbrojených silách, a to jak v době míru, tak během ozbrojeného konfliktu. Analyzuje současnou právní úpravu na mezinárodní i vnitrostátní úrovni, poukazuje na její nedostatky a předkládá návrhy de lege ferenda pro budoucí právní rámec, který by lépe odpovídal specifické povaze autonomních systémů. Z provedené analýzy vyplývá, že účinná právní regulace musí najít rovnováhu mezi podporou technologického pokroku a zajištěním odpovídajících právních záruk pro bezpečné a etické využití těchto vysoce sofistikovaných systémů v prostředí ozbrojených sil.

Klíčová slova:

autonomie, autonomní systémy, autonomní zbraňové systémy, AWS, umělá inteligence, AI, mezinárodní humanitární právo

Abstract

Autonomous technologies are becoming a key component of modern armed forces. However, their growing importance brings not only technological challenges but also fundamental ethical and legal questions. This article focuses on the current legal regulation of autonomous systems in the armed forces, both in peacetime and during armed conflict. It analyses the current legal framework at both international and national levels, highlights its shortcomings, and presents de lege ferenda proposals for a future legal framework that would better reflect the specific nature of autonomous systems. The analysis concludes that effective legal regulation must balance supporting technological progress and ensuring appropriate legal safeguards for the safe and ethical use of these highly sophisticated systems within the armed forces.

Key words:

autonomy, autonomous systems, autonomous weapon systems, AWS, artificial intelligence, AI, international humanitarian law

ÚVOD

Technologický pokrok v posledních letech dramaticky mění téměř všechny sféry lidské činnosti a oblast působení ozbrojených sil není rozhodně výjimkou. Dynamický vědecký vývoj v obranném sektoru za uplynulé dekády přinesl řadu nových prostředků vedení bojových operací, které zásadním způsobem rozšířily vojenské kapacity zemí ve všech prostorech, ať už pozemních, vzdušných, námořních i virtuálních.

Jedním z nejdiskutovanějších fenoménů soudobé vojenské techniky jsou tzv. autonomní systémy v nejobecnější rovině, kterýžto terminus technicus je nutné chápat mnohem širěji než frekventovanější termín „autonomní zbraňové systémy“ (autonomous weapon systems, AWS), což je jen jeden subsystém autonomních systémů ve svém celém pojetí.

¹ **mjr. Mgr. Kamil Filipi**, katedra aplikovaných sociálních a humanitních věd, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, +420 777 221 808, kamil.filipi@unob.cz

V případě autonomních systémů se v rámci úvodu dá konstatovat, že jde o vysoce pokročilé technologie s narůstajícím podílem samostatného rozhodování, kde tradiční lidská kontrola postupně ustupuje počítačovým algoritmům. V současnosti je člověk od fungování těchto systémů spíše částečně oddělen, například prostřednictvím dálkového ovládání. Nicméně s rostoucí mírou autonomních funkcí se reálně rýsuje budoucnost, kdy lidský faktor může ztratit podstatný vliv na kritické rozhodovací procesy včetně samotného provedení útoku.

V současné době jsou trendy o jakousi autonomizaci prostředků a procesů v celém spektru působení ozbrojených sil velmi aktuální a v praktické rovině jsou seznatelné nejen v laboratořích, ale zejména v aktuálně probíhajícím ozbrojeném konfliktu na Ukrajině a v části Ruské federace, kde k užívání autonomní vojenské techniky rozličného účelu určení s tím kterým stupněm autonomie dochází ve značném rozsahu. Pozadu nechťejí zůstat ani ozbrojené síly České republiky, které ve svých strategických dokumentech význam autonomních technologií akcentují a do budoucna jim předvídají nezastupitelné místo v nejrůznějších oblastech působení ozbrojených sil – od logistického zabezpečení až po vedení bojových operací [1] [2].

Autonomní technologie dynamicky transformují povahu současných ozbrojených konfliktů, dávají vyniknout expertům z oblasti vojenských technologií, nicméně je třeba si uvědomit, že technologické aspekty autonomních technologií nepředstavují ani zdaleka jediná úskalí, které jsou spjaté s danou technologií. Poněkud v pozadí stojí neméně důležitá oblast právních a etických otázek spojených s užíváním autonomních prostředků nejen během ozbrojených konfliktů, ale i v době míru, které představují nikoli nevýznamné výzvy pro stávající mezinárodní i vnitrostátní právní rámce. Problém spočívá kromě jiného v tom, že technologický vývoj postupuje mimořádně rychle a flexibilně, zatímco právní úpravy jen obtížně udržují krok s těmito dynamickými změnami.

Cílem tohoto příspěvku je poskytnout čtenáři základní přehled aktuálního mezinárodního i vnitrostátního právního rámce věnujícího se problematice autonomních systémů, přičemž bude zmíněna kromě jiného i čistě soukromoprávní oblast, která ovšem není neaplikovatelná. V neposlední řadě je dílčím cílem příspěvku pokusit se na základě provedené doktrinární právní analýzy soudobého právního stavu o návrhy de lege ferenda.

1 AUTONOMIE A UMĚLÁ INTELIGENCE

Co vlastně dělá autonomní prostředky autonomními? Co vyjadřuje pojem „autonomie“ a jaké znaky musí autonomní systém vykazovat, aby jej bylo možné subsumovat do této kategorie? V první řadě je nutné si uvědomit, že autonomii je třeba zásadně odlišit od termínu automatika či automatizace. Automatika (automatizace) má svůj původ ve slově automat a představuje vlastnost spočívající v bezmyšlenkovitě opakované činnosti, plnění předem stanoveného úkolu, aniž by u daného (automatického) přístroje (automatu) docházelo k vyhodnocování svojí činnosti a k adekvátním reakcím na vnější měnící se podněty. Automatické přístroje tedy postrádají samostatnost a soběstačnost. Oproti tomu autonomie spočívá v tom, že autonomní systém se dokáže učit či přizpůsobovat své fungování v reakci na měnící a vyvíjející se okolnosti v operačním prostředí, ve kterém jeho činnost probíhá [3].

Velmi často se lze setkat s názory, že autonomie, resp. autonomní prostředek představuje plně autonomní stroj schopný plného, úplného sebeovládání a jednání, absolutně bez ingerence lidského faktoru. Taková představa ovšem odporuje realitě. Opravdu autonomní systém musí být schopný sám a bez vnějšího zásahu rozhodnout, jakým způsobem splní cíl stanovený člověkem. Tato schopnost v podstatě určuje, do jaké míry může systém sám volit svůj postup, upravovat jednotlivé kroky plánu nebo dokonce zásadně změnit směřování celé mise. Nicméně ne každý autonomní systém je vždy zcela autonomní, jehož činnost by probíhala bez spolupůsobení lidského činitele, operátora. Za autonomní prostředek lze označit i takový prostředek, který je autonomní, byť i jen zčásti. V závislosti na různorodé kombinaci samostatnosti, nezávislosti a přizpůsobivosti bylo vytvořeno několik stupnic autonomie rozeznávající různé stupně autonomie. Tou nejpodrobnější je pravděpodobně škála vytvořená Thomasem B. Sheridanem, resp. stupnice vytvořená Výzkumnou laboratoří amerického letectva (Air Force Research Laboratory, AFRL) [4], která klasifikuje autonomní systémy od plné kontroly lidským činitelem až po absolutní autonomii prostou lidské ingerence:

Tab. 1 Úrovně autonomie podle Thomase B. Sharidana

Úroveň	Popis
1.	Systém neposkytuje žádnou pomoc, tj. člověk musí učinit všechna rozhodnutí a provést všechny akce.
2.	Systém nabízí kompletní sadu alternativ pro rozhodnutí/akce, nebo
3.	zúží výběr na několik možností, nebo
4.	navrhne jednu alternativu, nebo
5.	provede tento návrh, pokud ho člověk schválí, nebo
6.	poskytne člověku omezený čas na veto před automatickým provedením, nebo
7.	provede automaticky a poté nutně informuje člověka, nebo
8.	informuje člověka po provedení pouze na vyžádání, nebo
9.	informuje člověka po provedení pouze pokud se tak sám rozhodne, nebo
10.	systém rozhoduje o všem a jedná autonomně, zcela ignoruje člověka.

Zdroj: [5]

Podle míry participace lidského faktoru u provozu autonomních systémů je nezbytné zmínit rovněž dělení autonomních systémů dle tzv. konceptu OODA loop (Observe – Orient – Decide – Act), jenž představuje rozhodovací model, který popsal plukovník John Boyd, vojenský stratég amerického letectva [6]. Tento cyklus je určen pro rychlé a adaptivní rozhodování v dynamickém prostředí, původně v bojových situacích, ale dnes se využívá kromě jiného i v oblasti umělé inteligence a autonomie. Podle úrovně zapojení lidského činitele do ovládání a s tím související úrovně samostatnosti systému rozeznáváme autonomní systémy typu [7]:

1. **human in the loop**, kdy je v procesu fungování autonomního systému výrazná participace lidského faktoru; lidský operátor má od začátku až do konce činnosti systému pod kontrolou a veškerá kritická rozhodnutí vykonává člověk;
2. **human on the loop**, kdy sice v procesu fungování autonomního systému je stále zastoupen lidský činitel, nicméně systém vykonává značnou část úkolů samostatně na základě neustálého vyhodnocování vnějších podnětů, a to až do chvíle, dokud nedojde ze strany operátora ke korekci rozhodnutí systému;
3. **human out of loop** představující plně autonomní prostředky a systémy, do jejichž fungování lidský činitel nikterak nezasahuje a jejichž činnost je plně samostatná. Nutno podotknout, že tyto systémy jsou prozatím ještě natolik technologicky dílem sofistikované, dílem kontroverzní, protože jsou spíše hůbou budoucnosti.

Termín autonomie úzce souvisí s dnes tolik diskutovanou a v tomto příspěvku již zmíněnou umělou inteligencí. Přestože by se dalo říci, že pojem „umělá inteligence“ je typický neologismus, nic nemůže být vzdálenější pravdě. Terminus technicus „umělá inteligence“ spatřil světlo světa již v r. 1956, kdy ho použili John McCarthy a Marvin Minsky, členové týmu několika vědců, kteří se v rámci výzkumného programu na umělou inteligenci na Dartmouth College v USA snažili dosáhnout softwarového programu, jež by byl s to inteligentního (lidského) přemýšlení [8]. Původ termínu „umělá inteligence“ je však ještě starší roku 1956, neboť dostupné prameny uvádí, že již v r. 1950 britský matematik Alan Turing publikoval článek s názvem „Computing Machinery and Intelligence“, v němž popisoval, jak sestavit inteligentní stroje schopné vlastního (autonomního) přemýšlení a jak testovat jejich inteligenci. V tomto článku tak byl fakticky poprvé položen základní kámen dnes tak hojně diskutovaného pojmu, jehož stárí tak převyšuje těžko uvěřitelných 70 let [9]. Jak definovat umělou inteligenci v kontextu soudobého stavu vědeckého poznání? Nabízí se hned několik možností, nicméně v kontextu zvoleného tématu se jeví jako nejpříhodnější definice z dílny Evropské komise, která jednak velmi přesně vystihla podstatu umělé definice, jednak její vztah k autonomii [10]: „*Za umělou inteligenci (AI) se považují systémy vykazující inteligentní chování v podobě vyhodnocování svého okolí a následného rozhodování či vykonávání kroků – s určitou mírou samostatnosti – k dosažení konkrétních cílů. Systémy založené na umělé inteligenci mohou být čistě softwarové a působící ve virtuálním světě (například hlasoví asistenti, software k analýze obrazu, vyhledávací nástroje, systémy rozpoznávání hlasu a obličejů), nebo mohou být zabudovány v hardwarových zařízeních (například v pokročilých robotech, autonomních autech, dronech nebo aplikacích Internetu věcí).*“

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO PRÁVNÍHO RÁMCE AUTONOMNÍCH SYSTÉMŮ

Právě shora popsané vlastnosti autonomních systémů schopných vlastní samostatné činnosti tu více, tu méně závislé na lidské participaci a ingerenci, implikují četné právní otázky týkající se zejména odpovědnosti za škodu způsobenou provozem a činností autonomních prostředků (primárně včetně újmy na životě a zdraví), tedy jaký konkrétní subjekt je konkrétně odpovědný (výrobce?, programátor?, vlastník?, provozovatel?, umělá inteligence "uvnitř" prostředku?, operátor?, velitel?, všichni nebo jen někteří jmenovaní určitým podílem?). Dále je záhodno zamyslet se nad tím, jak regulatorně, závazně „zastropovat“ (limitovat) míru samostatnosti autonomního prostředku, anebo světové společenství dovolí absolutní míru autonomie zbraňových systémů? Nebo by vzhledem k potenciálnímu nebezpečí bylo nejpříhodnější autonomní zbraňové systémy zakázat absolutně bez dalšího? Na některé z těchto otázek podávají relativně jednoznačné odpovědi již nyní aktuální prameny práva, nad jinými otázkami ale visí zásadní otazníky. Optikou činnosti ozbrojených sil představují nejmarkantnější právní výzvy a úskalí zejména autonomní zbraňové systémy, a to v oblasti mezinárodního humanitárního práva.

2.1 MEZINÁRODNÍ HUMANITÁRNÍ PRÁVO

Mezinárodním humanitárním právem rozumíme „soubor norem mezinárodního práva veřejného, které upravují vedení ozbrojených konfliktů s cílem zmírnit utrpení a omezit materiální škody či jiné negativní dopady, které tyto konflikty způsobují“ [11]. Mezinárodní právo se zjednodušeně řečeno dále větví na normy regulující pravidla pro vedení bojových operací, užití konkrétních typů zbraňových systémů a dalších prostředků a způsobů vedení boje (tzv. haagské právo) a normy reglementující ochranu obětí ozbrojených konfliktů (tzv. ženevské právo). Základní právní rámec mezinárodního humanitárního práva představují čtyři Ženevské úmluvy z roku 1949 a tři Dodatkové protokoly (DP) z roku 1977 (DP I a II), resp. 2005 (DP III) a další ucelený komplex haagských úmluv, kdy o jedné konkrétní úmluvě bude pojednáno dále.

Výchozí a primární pravidlo pro vedení ozbrojeného konfliktu je obsaženo v čl. 35 odst. 1 DP I, podle něhož platí, že „[v] ozbrojeném konfliktu nemají strany konfliktu neomezené právo volby způsobů a prostředků vedení války“. Uvedené pravidlo jakožto koncept limitované války, vyznačující se svojí přímo geniální nadčasovostí, je vysvětlováno tak, že v rámci mezinárodního humanitárního práva existují v zásadě dvě možnosti, kdy zbraně a zbraňové systémy mohou být v rozporu s jeho normami. První možnost je, že samotná podstata zbraně je v rozporu s tímto právem, tedy zbraň je sama o sobě nezákonná. Druhá možnost spočívá v tom, že zbraň sice sama o sobě právním normám neodporuje, ale způsob jejího použití v ozbrojeném konfliktu je v rozporu s mezinárodním humanitárním právem.

Na uvedené primární pravidlo navazuje čl. 51 odst. 4 DP I, podle něhož jsou zakázány tzv. nerozlišující útoky, tj. takové útoky, které kromě jiného nerozlišují mezi komatanty a civilním obyvatelstvem nebo mezi objekty vojenskými a civilními, jakož i „[ú]toky, při nichž se používají bojové způsoby nebo prostředky, které nemohou být zaměřeny na konkrétní vojenské objekty“ (typicky např. kazetová munice či protipěchotní miny). Uvedené pravidlo úzce souvisí s krucální zásadou mezinárodního humanitárního práva – **zásadou rozlišování** vtělenou do čl. 48 odst. 1 DP I, podle něhož platí, že „[K] zajišťování respektování a ochrany civilního obyvatelstva a objektů civilního rázu budou strany v konfliktu vždy činit rozdíl mezi civilním obyvatelstvem a komatanty a mezi objekty civilního rázu a vojenskými objekty a v souladu s tím povedou své operace pouze proti vojenským objektům.“ V kontextu problematiky autonomních prostředků představují uvedená pravidla velmi pravděpodobně tu možná nejobtížnější výzvu k vyřešení, jak daným pravidlům dostát, jinými slovy řečeno jak zajistit, aby autonomní prostředek v případě reálného nasazení v ozbrojeném konfliktu byl s to bezchybně rozlišit statut osob či objektů. To může být obtížné obzvláště ve specifických situacích, kdy se z ryze civilního objektu stane aktuálním účelem a použitím náhle vojenský objekt či se ryzí civilní osoba poznenáhlu zapojí do nepřátelství.

V kontextu úvah stran užití autonomních prostředků v ozbrojeném konfliktu je nutno mít na zřeteli i další pravidlo vyjádřené v čl. 35 odst. 2 DP I, kteréžto ustanovení zakazuje používat „[z]braní, municí, materiálů a způsobů vedení války, které by svou povahou způsobovaly nadměrná zranění nebo zbytečné útrapy“. Tato dílčí právní úprava má velmi blízký vztah k dalším obligátním zásadám mezinárodního humanitárního práva, a to k **zásadě lidskosti** a **zásadě vojenské nezbytnosti** (vojenské nutnosti). Tyto dvě zásady jsou společně nerozlučně spjaty a nabádají strany konfliktu k neustálému poměřování,

jaké konkrétní prostředky a metody vedení boje v dané konkrétní situaci používat, kdy je sice na straně jedné dovoleno použít straně konfliktu širokou paletu zbraňových systémů určených k provádění útoků během ozbrojeného konfliktu, které jsou s to způsobit smrt nebo zranění protivníka nebo zničení či poškození vojenského objektu, ale zároveň je na straně druhé třeba důsledně zajistit, aby tyto zbraňové systémy nezpůsobovaly protivníkovi zbytečné útrapy nebo zranění. Vztah autonomních zbraňových systémů k těmto dvěma zásadám je charakteristický určitým napětím. Tyto technologie totiž sice slibují větší přesnost a efektivitu, což může snížit ztráty na životech, potažmo v určitých situacích zmírnit často zbytečná utrpení, a tím podpořit vojenskou nezbytnost. Nicméně absence lidského činitele, jakéhosi dozoru a dohledu, může ovšem významnou měrou ohrozit princip lidskosti, jelikož autonomní zbraňové systémy – stroje – postrádají schopnost morálního úsudku a adaptability, které jsou v dynamických válečných situacích nezbytné [12].

V neposlední řadě je třeba mít v souvislosti s provozováním autonomních (zbraňových) systémů v ozbrojeném konfliktu na paměti i **zásadu proporcionality**, vtělenou v čl. 51 odst. 5 písm. b) DP I, podle níž se zakazují takové „[ú]toky, u nichž se dá očekávat, že mohou způsobit ztráty na životech civilních osob, jejich zranění, poškození objektů civilního rázu nebo kombinaci těchto případů, které by převyšovaly předpokládanou konkrétní a přímou vojenskou výhodu“ a v čl. 57 DP I. Účelem této zásady je vyloučit excesivní chování strany konfliktu a působení přidružených (nepřímých) škod (collateral damages), které by byly nepřiměřené získané vojenské výhodě [13]. Zásada proporcionality vyžaduje vždy komplexní posouzení každé konkrétní situace, které zahrnuje nejen citlivou kvantitativní analýzu (počet civilních obětí versus vojenská hodnota cíle), ale zároveň i kvalitativní úsudek o povaze a kontextu útoku. Lidští velitelé při tomto rozhodování zohledňují operační prostředí v celé jeho šíři a komplexnosti a bezesporu i etické a právní aspekty. Naproti tomu autonomní zbraňové systémy, spoléhající se toliko na strojové programované algoritmy a senzory, nemusí být schopny citlivě a adekvátně reagovat na dynamické změny na bojišti, například na náhlý výskyt dosud skrytého civilního obyvatelstva nebo neočekávanou změnu vojenské hodnoty cíle [14]. Lze ovšem argumentovat i opačně, ve prospěch autonomních zbraňových systémů, protože bude-li umělá inteligence pohánějící rozhodovací proces těchto prostředků na vysoce sofistikované úrovni, pak zmíněné hrozby a nebezpečí rozpozná a vyhodnotí zřejmě lépe, než jak by učinil lidský operátor. Další nezpochybnitelnou výzvou v kontextu zásady proporcionality je kruciólní otázka odpovědnosti za porušení této zásady spočívající ve způsobení nepřiměřených přidružených škod, zejména v případě absence lidského činitele v kritické fázi rozhodovacím procesu, zda použít sílu, či nikoli. Kdo by za takové porušení nesl odpovědnost? Odpověď nemusí být tak jednoznačná, jak se na první pohled může zdát [15].

Kromě uvedených univerzálních, v zásadě notně abstraktních pravidel, obsahuje mezinárodní humanitární právo i konkrétnější kodifikované normy, jež byly přijaty separátně ke konkrétním typům zbraní. Taxativní enumerativní výčet převyšuje účel tohoto příspěvku, nicméně lze jmenovat alespoň **Úmluvu o zákazu nebo omezení použití některých konvenčních zbraní, které mohou způsobovat nadměrné utrpení nebo mít nerozlišující účinky** (Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons which may be deemed to be Excessively Injurious or to have Indiscriminate Effects, CCW) z 10. října 1980 a jejích pět protokolů, které zakazují zbraně se střepinami nezjistitelnými rentgenovými paprsky (**Protokol I**), miny a nástražné miny (**Protokol II**), zápalné zbraně (**Protokol III**) a oslepující a laserové zbraně (**Protokol IV**) [16]. **Protokol V** zavazuje smluvní státy k odstraňování a likvidaci nevybuchlé munice a výbušnin [17]. Jedná se multilaterální smlouvu, jejímž hlavním cílem je regulovat nebo zakázat použití specifických typů konvenčních zbraní, které jsou považovány za nadměrně škodlivé nebo mají nepřiměřené a nadměrně škodlivé účinky na komatanty, jakož i civilní obyvatelstvo, a tím posílit ochranu v souladu s mezinárodním humanitárním právem. Obsahuje nejkompexnější právní úpravu zákazu použití některých konkrétních druhů (konvenčních) zbraní a svojí typologií je k autonomním zbraňovým systémům nejbližší. Žádné konkrétní zákazy ale úmluva k autonomním technologiím neobsahuje.

V rámci signatářů Úmluvy a pod záštitou Organizace spojených národů (United Nations Office for Disarmament Affairs, UNODA, Úřad OSN pro otázky odzbrojení) byla v roce 2016 ustavena stálá pracovní **skupina vládních expertů pro rozvíjející se technologie v oblasti smrtících autonomních zbraňových systémů** (Group of Governmental Experts on Emerging Technologies in the Area of Lethal Autonomous Weapons System, GGE on LAWS) [18]. Tato mnohočetná skupina, sestávající z vojenských odborníků, technologů a právníků (Českou republiku ve této skupině reprezentuje celkem sedm zástupců), má za úkol zkoumat technologické, právní, etické a bezpečnostní

aspekty autonomních zbraňových systémů, diskutovat o možných dopadech těchto systémů na mezinárodní humanitární právo, globální bezpečnost a stabilitu a navrhopat doporučení a případně prvky normativního rámce, které by mohly být začleněny do CCW, například formou nového (v pořadí šestého) protokolu. Onoho nejambicióznějšího cíle, tj. kodifikace šestého protokolu, který by uceleně reglementoval problematiku používání autonomních zbraňových systémů, však do dnešního dne nebylo dosaženo. Sice z činnosti skupiny v minulosti vzešel dokonce návrh nového Protokolu VI, nicméně zůstalo jen u návrhu, který nikdy nedospěl do stádia závazné normy [19]. Posledním výstupem této skupiny je soubor nezávazných prozatímních poznatků v dané problematice ze dne 8. listopadu 2024 [20].

Závěrem lze konstatovat, že autonomní zbraňové systémy jsou zcela novým dynamicky se rozvíjejícím fenoménem, jehož technologický rozvoj je natolik energický a horentní, že na něj oblast mezinárodněprávní regulace nestačí adekvátně reagovat, pročež prozatím platí premisa, že na tuto technologii nepamatuje žádná konkrétní specifická smluvní kodifikace, která by limitovala používání autonomních zbraňových systémů, neřkuli aby je přímo *a priori* zakazovala. Pakliže má dojít k nasazení těchto prostředků v prostředí aktuálních ozbrojených konfliktů, je třeba vycházet z obecných shora nastíněných pravidel mezinárodního humanitárního práva. Prozatímní řešení veškerých otázek souvisejících s etickými a právními aspekty autonomních zbraňových systémů v ozbrojených konfliktech by bylo možné řešit zavedením tzv. smysluplné lidské kontroly (Meaningful Human Control, MHC), tedy modelu, kde autonomní systémy fungují pouze jako nástroje pod dohledem člověka, který má konečné rozhodovací pravomoci [21]. Tento přístup by umožnil využít nesporné výhody autonomních zbraňových systémů, aniž by docházelo k porušování norem mezinárodního humanitárního práva, resp. tato rizika by byla minimalizována. Na straně druhé je však otazné, zdali takováto lidská kontrola bude v budoucím technologickém vývoji proveditelná vzhledem k dynamice budoucích zbraňových systémů a komplexitě budoucích operací [22].

2.2 PRÁVO EVROPSKÉ UNIE

Evropská unie sice prozatím žádnou specifickou legislativu přímo zaměřenou na autonomní zbraňové systémy nemá, nicméně na poli právní regulace autonomních prostředků jde o entitu, která v této oblasti postoupila ve světovém měřítku zřejmě nejdále. Dne 13. června 2024 byl totiž schválen legislativní dokument, jenž se zaměřuje na problematiku umělé inteligence, která je, jak bylo v tomto příspěvku zmíněno, s problematikou autonomních prostředků nerozlučně spjata. Tímto normativním aktem není nic jiného než nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1689, kterým se stanoví harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci (**nařízení o umělé inteligenci**; Artificial Intelligence Act), ve společnosti známý jako „AI Act“ [23]. AI Act vstoupil v platnost dne 1. srpna 2024 a má tzv. dělenou účinnost (v části nabyt účinnosti dne 2. února 2025, v částech nabude účinnosti dne 2. srpna 2025, 2. srpna 2026 a 2. srpna 2027). Nařízení je závazné v celém rozsahu a přímo použitelné ve všech členských státech Evropské unie.

Nařízení o umělé inteligenci je průlomovým právním aktem, který zavádí rizikově orientovaný přístup k regulaci umělé inteligence. Umělou inteligenci jako takovou sice AI Act nedefinuje, nýbrž zavádí terminus technicus „systém umělé inteligence“, který v čl. 3 odst. 1 definuje jako *„[s]trojový systém navrhovaný tak, aby po zavedení fungoval s různými úrovněmi autonomie a který po zavedení může vykazovat adaptabilitu a který za explicitními nebo implicitními účely z obdržených vstupů odvozuje, jak generovat výstupy, jako jsou predikce, obsah, doporučení nebo rozhodnutí, které mohou ovlivnit fyzická nebo virtuální prostředí“*. AI Act klasifikuje systémy AI do čtyř kategorií: (1) vysoce rizikové systémy AI; (2) systémy AI s vysokým rizikem; (3) systémy AI s omezeným rizikem; a (4) systémy AI s nízkým rizikem. Zvláštní subkategorii představují systémy AI s nepřijatelným rizikem (např. systémy biometrické kategorizace, které jsou založeny na biometrických údajích fyzických osob, jako je obličej nebo otisky prstů jednotlivců, za účelem odvozování či vyvozování politických názorů jednotlivců, členství v odborových organizacích, náboženského nebo filozofického přesvědčení, rasy, sexuálního života nebo sexuální orientace), které jsou zakázány zcela [24].

Aplikovatelnost AI Actu v prostředí působení ozbrojených sil je poněkud otazná a může v budoucnu působit určitou dvoukolejnost, neboť AI Act v čl. 2 odst. 3 stanoví, že se nařízení *„[n]evztahuje na systémy AI pouze tehdy a do té míry, pokud jsou uváděny na trh nebo do provozu nebo jsou*

používány se změnami nebo bez nich výhradně pro vojenské či obranné účely nebo pro účely národní bezpečnosti, bez ohledu na typ subjektu, který tyto činnosti provádí". Velmi pravděpodobně tak z působnosti AI Actu budou vyjmuty veškeré autonomní zbraňové systémy, které jsou vyvíjeny a vyráběny primárně právě jen pro vojenské či obranné účely, nicméně jiné autonomní prostředky (např. automobily, software aj.) regulačním pravidlům AI Actu podléhat budou, jakkoli budou využívány ozbrojenými silami.

Pokud existuje nějaká kruciólní právní oblast, kterou AI Act neupravuje, bezesporu jí je otázka odpovědnosti za škodu způsobenou užitím systému AI. Proto se Evropská unie jala vrhnout do další legislativní činnosti, jež vyústila ve vypracování návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) o přizpůsobení pravidel mimosmluvní občanskoprávní odpovědnosti umělé inteligenci (**směrnice o odpovědnosti za umělou inteligenci**; Artificial Intelligence Liability Directive), tzv. AILD, který Evropská komise představila dne 28. září 2022 [25]. Návrh směrnice i nadále probíhá legislativním procesem, a tato směrnice tak prozatím není platná ani účinná.

Recentně byla také přijata směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/2853 ze dne 23. října 2024 o odpovědnosti za vadné výrobky a o zrušení směrnice Rady 85/374/EHS (**směrnice o odpovědnosti za vadné výrobky**), tzv. nová PLD (Product Liability Directive) [26]. Cílem této směrnice je snaha o dosažení lepšího fungování vnitřního trhu, jakož i zvýšení úrovně ochrany spotřebitelů a reakce na neustále přibývajícím moderní technologické výzvy v podobě např. umělé inteligence. Na systémy AI tato směrnice sice pamatuje, nicméně poněkud okrajově toliko v bodu 13 odůvodnění (recitálu) směrnice, kde jsou systémy AI subsumovány do množiny „software“. Výrobci softwaru budou nově odpovídat kromě jiného i za vady vzniklé v důsledku aktualizací či vylepšení softwaru, který mají pod svou kontrolou, včetně případů, kdy neprovedou dostatečné aktualizace potřebné k zajištění bezpečnosti produktu. Členské státy jsou povinovány k implementaci směrnice do 9. prosince 2026 [27].

Lze tak uzavřít, že dosavadní shora nastíněná legislativa Evropské unie sice poskytuje Evropské unii určitý základ pro regulaci prostředků souvisejících s autonomními technologiemi, nicméně prozatím ještě nejsou dostatečné pro komplexní řešení problematiky, a to zejména autonomních zbraňových systémů.

2.3 PRÁVNÍ ŘÁD ČESKÉ REPUBLIKY

Při vyslovení premisy, že právo Evropské unie je stran právní úpravy problematiky autonomních prostředků v normativních počátcích, ještě pesimističtější tón je záhodno tvrdit o stavu právního řádu České republiky. Ani ten totiž neobsahuje žádný samostatný právní předpis, který by komplexně kodifikoval autonomní technologie, někuli přímo autonomní zbraňové systémy.

Optikou působení ozbrojených sil České republiky sice nejde nezmínit novelu zákona č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky, ve znění pozdějších předpisů, provedenou zákonem č. 178/2023 Sb., kterým se mění některé zákony v oblasti obrany, s účinností od 23. července 2023, jež zpřesnila definici „vojenského letadla“ upravenou v § 35 písm. a) citovaného zákona, když za vojenské letadlo je nově považováno i „[v]ojenské bezpilotní letadlo konstruované pro provoz bez pilota na palubě a určené k plnění úkolů při zajišťování obrany státu“. V případě této legislativní změny se ovšem nejednalo o snahu promítnout vlastnost autonomie do branně-bezpečnostních právních předpisů České republiky, nýbrž podřadit pod pojem „vojenské letadlo“ i „obyčejné drony“ bez ohledu na jejich vzletovou hmotnost, bez ohledu na to, jestli jsou autonomní, nebo nikoli. Původní definice vojenského letadla totiž u bezpilotních letadel vyžadovala minimální vzletovou hmotnost přesahující 20 kg. Podle současné právní úpravy nemá vzletová hmotnost bezpilotního prostředku vliv na to, aby byl bezpilotní prostředek charakterizován jako vojenské letadlo.

O autonomních prostředcích zcela mlčí i další relevantní právní předpisy, jako je např. zákon č. 221/1999 Sb., o vojácích z povolání, ve znění pozdějších předpisů nebo zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, ve znění pozdějších předpisů.

Zajímavou legislativní změnou, u které se předpokládá, že nabude účinnosti dnem 1. ledna 2026, a která by se eventuálně mohla dotknout činnosti ozbrojených sil České republiky, je novela zákona

č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů [28]. Novela citovaného zákona by měla být přímo přelomovým legislativním počinem, který by měl umožnit provoz schválených automatizovaných vozidel na území České republiky. Do textu novelizovaného zákona přibude nový terminus technicus „automatizované vozidlo“, jak tento termín definuje konkrétní přímo použitelné nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) [29], které v čl. 3 odst. 21 stanoví, že automatizovaným vozidlem je „[m]otorové vozidlo navržené a vyrobené tak, aby se dokázalo po určitou dobu pohybovat autonomně, bez neustálého dohledu řidiče, kdy se však přesto očekává nebo vyžaduje zásah řidiče“. Novela citovaného zákona by dále měla kromě jiného rozšířit definici „řidiče“ tak, aby řidičem byla i osoba, která předá řízení vozidlu a dohlíží na něj, i když vozidlo přímo neovládá. Novela by také měla zprostit řidiče automatizovaného vozidla některých povinností řidiče souvisejících s ovládáním automatizovaného vozidla a dodržováním pravidel provozu na pozemních komunikacích při autonomní jízdě. Dále by novela měla jasně zodpovědět otázku, kdo bude odpovědný za případné porušení pravidel silničního provozu či jiných zákonných povinností atp. Novela by měla i uložit řidiči automatizovaného vozidla povinnost umožnit policistovi nebo vojenskému policistovi ověřit, zda bylo automatizované vozidlo v určitém okamžiku řízeno tímto vozidlem [30].

ZÁVĚR

Rozvoj autonomních technologií, včetně autonomních zbraňových systémů, představuje globální výzvu, která vyžaduje koordinovaný a promyšlený legislativní přístup. Autonomní systémy jsou natolik přelomovou technologií, zejména pak autonomní systémy zbraňové, které ze své povahy mají značný potenciál změnit dosavadní způsoby vedení bojové činnosti. Klíčem je vyvážení inovací s bezpečností, zajištění lidské odpovědnosti a prevence zneužití. Současné právní rámce, ať už na národní, regionální či mezinárodní úrovni, zatím nejsou ještě zcela připraveny na komplexní dopady těchto technologií na společnost, bezpečnost a etiku a jednoznačně nestačí faktickému technologickému pokroku [31].

Legislativa napříč světem by měla směřovat k proaktivnímu, eticky podloženému a globálně koordinovanému přístupu k autonomním technologiím. Proto se jako nejprůhlednější jeví návrh spočívající v tom, že by mezinárodní společenství připravilo zcela nový samostatný úzce zaměřený mezinárodně-právní instrument. V něm by byla zahrnuta univerzální definice autonomie, která by rozlišovala mezi poloautonomními, supervizovanými a plně autonomními systémy a mezi autonomními systémy ryze vojenskými a civilními. Tato definice by měla být založena na stupni lidské kontroly a schopnosti systému samostatně rozhodovat. Za současné situace se jako nejprůhlednější jeví revize Úmluvy o některých konvenčních zbraních (CCW), resp. přijetí nového Protokolu. Legislativa by se měla pokusit překlenout propast mezi civilními a vojenskými aplikacemi AI a stanovit povinnost zachování tzv. smysluplné lidské kontroly (Meaningful Human Control, MHC) nad všemi autonomními technologiemi s potenciálem způsobit škodu na životě, zdraví i majetku. To znamená, že klíčová rozhodnutí – například o použití smrtící síly nebo reakci v krizové situaci – by měla být pod dohledem člověka s možností systém kdykoliv přerušit nebo přesměrovat. Jako nanejvýš logický se prozatím jeví návrh na absolutní zákaz použití prostředků typu „human out of loop“, tedy prostředků plně autonomních, minimálně autonomních zbraňových systémů. Rovněž je nutné se vypořádat s jednou z nejpálčivějších otázek, kterou je jednoznačné vymezení odpovědnosti za použití autonomních technologií.

Tyto návrhy de lege ferenda nabízejí cestu k udržitelnému rozvoji autonomních technologií, který respektuje základní hodnoty a minimalizuje rizika pro lidstvo. Implementace těchto legislativních změn však vyžaduje politickou vůli, mezinárodní shodu a rychlou reakci na neustále se měnící technologickou realitu. Bez provedení těchto kroků hrozí, že regulace autonomních systémů napříč světem zůstane roztržštěná a nedostatečná vzhledem k rychlému technologickému pokroku a rostoucím etickým dilematům.

Použitá literatura

- [1] MINISTERSTVO OBRANY ČR. *Koncepce výstavby Armády České republiky 2035 (KVAČR 2035)*. Praha: Ministerstvo obrany ČR - VHU, 2024. ISBN 978-80-7278-873-6.

- [2] ARMÁDA ČESKÉ REPUBLIKY. *Vize budoucího válčení AČR po roce 2040*. Online, PDF. Ministerstvo obrany ČR, 2025. Dostupné z: <https://1url.cz/C14jt>. [cit. 2025-02-19].
- [3] INTERNATIONAL COMMITTEE OF THE RED CROSS. Sborník konference Expert Meeting on Autonomous weapon systems: Technical, military, legal and humanitarian aspects konané 26. až 28. března 2014 v Ženevě. Online. Ženeva: ICRC, 2014. Dostupné z: <https://1url.cz/E1YaJ>. [cit. 2025-02-18].
- [4] AIR FORCE RESEARCH LABORATORY. *Metrics, Schmetrics! How The Heck Do You Determine A UAV's Autonomy Anyway?* Online. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA515926.pdf>. [cit. 2025-02-18].
- [5] PARASURAMAN, Raja; SHERIDAN, Thomas B.; WICKENS, Christopher D. A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. Online. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*. 2000, vol. 30, iss. 3, s. 286-297. ISSN 1558-2426. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/3468.844354>. [cit. 2025-02-18].
- [6] McINTOSH, Scott E. The Wingman-Philosopher of MiG Alley: John Boyd and the OODA Loop. Online. *Air Power History*. 2011, vol. 58, no. 4, s. 24-33. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/26276108>. [cit. 2025-02-18].
- [7] HUMAN RIGHTS WATCH. *Losing Humanity: The Case against Killer Robots*. Online, PDF. Human Rights Watch, 2012. ISBN 1-56432-964-X. Dostupné z: <https://www.hrw.org/reports/arms1112ForUpload.pdf>. [cit. 2025-02-18].
- [8] HAENLEIN, Michael; KAPLAN, Andreas. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. Online. *California Management Review*. 2019, vol. 61, no. 4, s. 5-14. ISSN 2162-8564. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>. [cit. 2025-02-17].
- [9] TURING, Alan M. COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. Online. *Mind*. October 01, 1950, vol. 59, iss. 236, s. 433-460. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>. [cit. 2025-02-17].
- [10] HIGH-LEVEL EXPERT GROUP ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *A Definition of AI: Main Capabilities and Disciplines: Definition developed for the purpose of the AI HLEG's*. Online, PDF. European Commission, 2019. Dostupné z: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341. [cit. 2025-02-18].
- [11] FUCHS, Jiří. *Mezinárodní humanitární právo*. Praha: Ministerstvo obrany – Agentura vojenských informačních služeb, 2007. ISBN 978-80-7278-424-0.
- [12] HALAJOVÁ, Ludmila. *Autonomní zbraňové systémy v mezinárodním humanitárním právu*. Online, disertační práce. Praha: Univerzita Karlova, Právnická fakulta, 2022. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/179964/140102875.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [cit. 2025-02-18].
- [13] ONDŘEJ, Jan; ŠTURMA, Pavel; BÍLKOVÁ, Veronika; JÍLEK, Dalibor; BALÁŠ, Vladimír et al., 2010. *Mezinárodní humanitární právo*. Praha: C.H. Beck., 2010. ISBN 978-80-7400-185-7.
- [14] VAN DEN BOOGAARD, Jeroen. Proportionality and Autonomous Weapons Systems. Online. *The Journal of International Humanitarian Legal Studies*. 2015, vol. 6, iss. 2, s. 247-283. ISSN 1878-1527. Dostupné z: <https://doi.org/10.1163/18781527-00602007>. [cit. 2025-02-19].
- [15] GUNAWAN, Yordan; AULAWI, Mohammad H.; RAMADHAN, Andi R. Command Responsibility of Autonomous Weapons Systems under International Humanitarian Law. Online. *Jurnal Cita Hukum*. 2019, vol. 7, iss. 3, s. 351-368. ISSN 2502-230X. Dostupné z: <https://doi.org/10.15408/jch.v7i3.11725>. [cit. 2025-02-19].
- [16] ČESKO. Sdělení Ministerstva zahraničních věcí o sjednání Úmluvy o zákazu nebo omezení použití některých konvenčních zbraní, které mohou způsobovat nadměrné utrpení nebo mít nerozlišující účinky, Dodatkového protokolu k Úmluvě o zákazu nebo omezení použití některých konvenčních

- zbraní, které mohou způsobovat nadměrné utrpení nebo mít nerozlišující účinky, a Protokolu o zákazu nebo omezení použití min, nástrah a jiných prostředků ve znění ze dne 3. května 1996 (Protokol II ve znění ze dne 3. května 1996), který je přílohou Úmluvy o zákazu nebo omezení použití některých konvenčních zbraní, které mohou způsobovat nadměrné utrpení nebo mít nerozlišující účinky. Online. In: *e-Sbírka*. 2025. Dostupné z: <https://1url.cz/S1cyi>. [cit. 2025-02-19].
- [17] ČESKO. Sdělení Ministerstva zahraničních věcí č. 115/2006 Sb. m. s., o přijetí Změny Úmluvy o zákazu nebo omezení použití některých konvenčních zbraní, které mohou způsobovat nadměrné utrpení nebo mít nerozlišující účinky, přijaté v Ženevě dne 10. října 1980, a Protokolu o výbušných zbytcích války k Úmluvě o zákazu nebo omezení použití některých konvenčních zbraní, které mohou způsobovat nadměrné utrpení nebo mít nerozlišující účinky, přijaté v Ženevě dne 10. října 1980 (Protokol V). Online. In: *e-Sbírka*. 2025. Dostupné z: <https://1url.cz/11cyh>. [cit. 2025-02-19].
- [18] UNITED NATIONS: Office for Disarmament Affairs. *Convention on Certain Conventional Weapons*. Online. In: United Nations. Dostupné z: <https://disarmament.unoda.org/the-convention-on-certain-conventional-weapons/>. [cit. 2025-02-19].
- [19] UNITED NATIONS: Office for Disarmament Affairs. *Convention on Prohibitions or Restrictions on the Use of Certain Conventional Weapons Which May Be Deemed to Be Excessively Injurious or to Have Indiscriminate Effects: Draft Protocol VI*. Online, PDF. United Nations, 2022. Dostupné z: <https://1url.cz/f1YJu>. [cit. 2025-02-19].
- [20] UNITED NATIONS: Office for Disarmament Affairs. *GGE on LAWS. Rolling text, status date: 8 November 2024*. Online, PDF. United Nations, 2024. Dostupné z: <https://1url.cz/f1YMP>. [cit. 2025-02-19].
- [21] ROBBINS, Scott. The many meanings of meaningful human control. Online. *AI and Ethics*. July 2023, vol. 4, s. 1377-1388. ISSN 2730-5961. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s43681-023-00320-6>. [cit. 2025-02-19].
- [22] WOOD, Nathan G. Autonomous weapon systems and responsibility gaps: a taxonomy. Online. *Ethics and Information Technology*. 2023, vol. 25, iss. 1. ISSN 1572-8439. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10676-023-09690-1>. [cit. 2025-02-19].
- [23] ÚŘAD PRO PUBLIKACE EVROPSKÉ UNIE. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/1689 ze dne 13. června 2024, kterým se stanoví harmonizovaná pravidla pro umělou inteligenci a mění nařízení (ES) č. 300/2008, (EU) č. 167/2013, (EU) č. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 a (EU) 2019/2144 a směrnice 2014/90/EU, (EU) 2016/797 a (EU) 2020/1828 (akt o umělé inteligenci). Online. In: *EUR-Lex: přístup k právu Evropské unie*. 2025. ISSN 1977-0677. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>. [cit. 2025-01-20].
- [24] KRBUŠEK, Klára. Akt o umělé inteligenci směřuje do finále. Čeho se týká a jak se připravit? Online. In: *epravo*. 10. května 2024. Dostupné z: <https://1url.cz/A1YQE>. [cit. 2025-02-20].
- [25] ÚŘAD PRO PUBLIKACE EVROPSKÉ UNIE. Návrh SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY o přizpůsobení pravidel mimosmluvní občanskoprávní odpovědnosti umělé inteligenci (směrnice o odpovědnosti za umělou inteligenci). Online. In: *EUR-Lex: přístup k právu Evropské unie*. 2025. ISSN 1977-0677. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52022PC0496R%2801%29>. [cit. 2025-01-20].
- [26] ÚŘAD PRO PUBLIKACE EVROPSKÉ UNIE. Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/2853 ze dne 23. října 2024 o odpovědnosti za vadné výrobky a o zrušení směrnice Rady 85/374/EHS. Online. In: *EUR-Lex: přístup k právu Evropské unie*. 2025. ISSN 1977-0677. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/2853/oj>. [cit. 2025-01-20].
- [27] ŠIMEK, Robert. Nová směrnice o odpovědnosti za vadné výrobky (PLD) a dopady na sektor Fintech a Insurtech. Online. In: *epravo*. 29. ledna 2025. Dostupné z: <https://1url.cz/Y1YW7>. [cit. 2025-02-20].

- [28] ÚŘAD VLÁDY ČR. Návrh zákona, kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. Online. In: *Portál informačního systému ODok Úřadu vlády České republiky*. 8. listopadu 2024. Dostupné z: <https://odok.cz/portal/veklep/material/KORND9V9Q67T/>. [cit. 2025-02-21].
- [29] ÚŘAD PRO PUBLIKACE EVROPSKÉ UNIE. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/2144 ze dne 27. listopadu 2019 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel a jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti a ochrany cestujících ve vozidle a zranitelných účastníků silničního provozu, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/858 a o zrušení nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 78/2009, (ES) č. 79/2009 a (ES) č. 661/2009 a nařízení Komise (ES) č. 631/2009, (EU) č. 406/2010, (EU) č. 672/2010, (EU) č. 1003/2010, (EU) č. 1005/2010, (EU) č. 1008/2010, (EU) č. 1009/2010, (EU) č. 19/2011, (EU) č. 109/2011, (EU) č. 458/2011, (EU) č. 65/2012, (EU) č. 130/2012, (EU) č. 347/2012, (EU) č. 351/2012, (EU) č. 1230/2012 a (EU) 2015/166. Online. In: *EUR-Lex: přístup k právu Evropské unie*. 2025. ISSN 1977-0677. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/2144/oj>. [cit. 2025-01-21].
- [30] MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. Novela o autonomních vozidlech: krok k širšímu využití autonomních technologií na našich silnicích. Online. In: *Ministerstvo dopravy ČR*. 30. října 2024. Dostupné z: [https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Novela-o-autonomnich-vozidlech-krok-k-sirsimu-vy.](https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Novela-o-autonomnich-vozidlech-krok-k-sirsimu-vyuziti) [cit. 2025-02-21].
- [31] KOVANDA, Jan. Introduction of Autonomous Combat Vehicles into the Czech Armed Forces. Online. *Vojenské rozhledy*. 2023, roč. 32, č. 2, s. 83-97. ISSN 2336-2995. Dostupné z: <https://1url.cz/w1Yeq>. [cit. 2025-02-21].

ÚSKALÍ IMPLEMENTACE EVROPSKÉHO PROGRAMU OBRANNÉHO PRŮMYSLU (EDIP)

OBSTACLES TO IMPLEMENTATION OF THE EUROPEAN DEFENCE INDUSTRY PROGRAMME (EDIP)

Darya GOLUBENKO¹

Abstrakt

Vytvoření Evropského programu obranného průmyslu (EDIP) v rámci historicky první strategie Evropské unie (EU) pro obranný průmysl je kritickým milníkem pro podporu připravenosti a konkurenceschopnosti evropské obranné technologické a průmyslové základny (EDTIB). Vypracování konkrétního plánu, pokrývajícího maximální počet oblastí strategicky důležitých pro evropský obranný trh, bylo ve světle dynamicky rozvíjejícího se bezpečnostního prostředí naprosto nezbytné. Nicméně, i přes veškerou snahu o komplexní a detailní pokrytí nejširšího možného spektra takových oblastí, naplánovaná opatření stále vykazují jisté nedostatky a mohou být potenciálně vystavena určitým rizikům. Cílem tohoto příspěvku je představit a zřehlednit plán navržený v rámci EDIP, upozornit na jeho klíčové sporné aspekty a poukázat na možné příležitosti pro odstranění zjištěných mezer. Cíle je dosaženo prostřednictvím obsahové analýzy dokumentů a analytických zpráv k EDIP, vydaných institucemi EU a mezinárodně uznávanými instituty bezpečnostních studií, a jejich vzájemného srovnání se zprávami k aktuálním výzvám a potřebám, jimž čelí EDTIB, pro identifikaci potenciálně slabých stránek plánu.

Klíčová slova:

Evropský program obranného průmyslu, EDIP, Evropská obranná technologická a průmyslová základna, EDTIB, evropský obranný trh, Evropská strategie pro obranný průmysl, EDIS, Společná bezpečnostní a obranná politika, SBOP, Evropská unie, EU

Abstract

Proposal of the European Defence Industry Programme (EDIP) in terms of the first-ever defence industrial strategy of the European Union (EU) is a critical milestone for support of the EU's Defence Technological and Industrial Base (EDTIB). Preparation of a concrete plan covering a maximum number of areas strategically important for the European defence market has been in light of the dynamically evolving international security environment absolutely essential. Nevertheless, despite all the efforts to cover the widest range of such areas in the most complex and detailed manner, the planned measures still show certain weaknesses and could potentially be exposed to specific risks. The purpose of this paper is to present and clear up the plan proposed in terms of the EDIP, to point out its key debatable aspects and to highlight possible opportunities for the elimination of the identified gaps. The aim is being achieved through the analysis of the content of the regulations and analytical reports related to the EDIP issued by the EU institutions and internationally recognized institutes for security studies, as well as through their mutual comparison with reports to current challenges and needs being faced by the EDTIB for purposes of identification of potentially weak points of the plan.

Key words:

European Defence Industry Programme, EDIP, EU's Defence Technological and Industrial Base, EDTIB, European defence market, European defence industrial strategy, EDIS, Common Security and Defence Policy, CSDP, European Union, EU

¹ Ing. et Ing. Darya Golubenko, Katedra řízení zdrojů, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, + 420 777 473 355, darya.golubenko@unob.cz

ÚVOD

Nařízením Evropského parlamentu a Rady Evropské unie byl v březnu 2024 zřízen Evropský program obranného průmyslu (European Defence Industry Programme, EDIP) včetně tzv. rámce opatření pro zajištění včasné dostupnosti a dodávek obranných produktů s platností od roku 2025 do 31. prosince 2027 [1]. Předložený program a rámec opatření navazují na přijatou ve stejném období Strategii pro evropský obranný průmysl (European defence industrial strategy, EDIS), reagující na dlouhodobou nestabilitu geopolitického prostředí a související s tím kritickou potřebu v aktivním posílení obranné připravenosti Evropské unie (EU).

Strategie vykládá obrannou připravenost jako stabilní stav připravenosti EU a jejích členských států chránit bezpečnost občanů, celistvost území, infrastrukturu a základní demokratické hodnoty a procesy, což dodatečně zužuje na schopnost jednat rychleji a rozhodněji v případě bezpečnostních krizí, investovat do nezbytných souvisejících schopností a technologií a spolupracovat s partnery v zájmu dosažení společných cílů [2]. Jako důvody pro proaktivní přístup ve vztahu k obranné připravenosti Unie jsou v rámci strategie konkrétně uváděny:

- náhlý nárůst regionálních a globálních bezpečnostních hrozeb a výzev včetně odehrávání ozbrojených konfliktů vysoké intenzity přímo na evropském území a nárůstu hybridních hrozeb, kterým čelí EU;
- pokles konkurenceschopnosti evropské technologické a průmyslové základny obrany (EU's Defence Technological and Industrial Base, EDTIB) v důsledku nedostatečné úrovně investic, vysoké fragmentace trhu, specifice dodavatelských řetězců a omezeným úvěrovým politikám vůči podnikům působícím v oblasti obrany [3];
- rostoucí míra investic do vojenských schopností, technologií a obranného průmyslu ze strany strategických konkurentů [2].

Za klíčový předpoklad pro dosažení obranné připravenosti je ve strategii považován dostatečně silný obranný průmysl [2], který je v kontextu EU představený v podobě EDTIB, přičemž zásadní výzvu pro EDTIB strategie vidí v rychlosti a rozsahu, v němž je EDTIB schopna identifikovat, vyvíjet a vyrábět potřebné vojenské schopnosti v celém spektru. Připravenosti bude dle strategie dosaženo výhradně za podmínky, budou-li členské země EU zvyšovat výdaje na obranu a dávat přednost společným investicím, k čemuž jsou zapotřebí odpovídající nástroje, díky nimž se následně:

- posílí vojenské schopnosti jednotlivých členských zemí EU;
- posílí schopnosti Severoatlantické aliance (North Atlantic Treaty Organization, NATO);
- zvýší spolehlivost evropského obranného průmyslu;
- zvýší skrz technologické investice a inovace i hospodářská bezpečnost EU [2].

Za účelem vymezení konkrétních nástrojů pro posílení všestranné připravenosti EDTIB včetně garance její reakceschopnosti, konkurenceschopnosti a schopnosti zajistit včasnou dostupnost a dodávky obranných produktů byl v rámci strategie vypracován Evropský program obranného průmyslu. Program EDIP je tudíž klíčovým prostředkem pro praktickou realizaci záměrů definovaných v rámci strategie EDIS, pro synchronizaci naléhavých potřeb s dlouhodobými a pro zabezpečení připravenosti obranného průmyslu EU na budoucnost [1].

Cílem tohoto příspěvku je přehledně představit jednotlivé nástroje pro zvýšení připravenosti evropského obranného průmyslu definovaných v rámci programu EDIP, identifikovat sporné aspekty spojené s realizací plánu, stanoveného v rámci programu, a upozornit na možné příležitosti pro odstranění identifikovaných mezer v plánu.

Pro dosažení jednotlivých cílů byly použity následující metody: analýza a specifikace obsahu strategie a programu pro obranný průmysl EU, doprovodného pracovního dokumentu a související studie francouzského Institut des Relations Internationales et Stratégiques, a také kvalitativní komparace výsledků předchozí analýzy a zpráv k aktuálním výzvám a potřebám obranného průmyslu EU pro formulaci doporučení pro odstranění zjištěných mezer.

1 KLÍČOVÉ BODY EVROPSKÉHO PROGRAMU OBRANNÉHO PRŮMYSLU

Evropský program obranného průmyslu představuje balíček opatření potřebných k dosažení konkrétního strategického cíle nebo k řešení konkrétního problému v oblasti obranné připravenosti EU. Důležité je rovnou podotknout, že opatření byla přijata primárně na základě výstupů z konzultací různých druhů s představiteli státního a finančního sektoru, obranného průmyslu, think-tanků a akademických institucí členských zemí EU než na základě kvantifikovatelných výsledků výpočtů jejich dopadů například na trh, hospodářství nebo administrativní zátěž EU a jednotlivých jejích členských států kvůli omezenému souboru relevantních dat a omezeným zkušenostem Unie s opatřeními takového druhu [3], což ovlivnilo i strukturu provádění výzkumu v rámci tohoto příspěvku. V rámci analýzy opatření přijatých v rámci programu bude dodržována následující struktura:

- název opatření;
- problém řešený prostřednictvím opatření;
- plán realizace opatření;
- stanovené předpokládané dopady opatření.

1.1 VYTVOŘENÍ RADY PRO PŘIPRAVENOST OBRANNÉHO PRŮMYSLU

Řešený problém: absence strategického přístupu na úrovni EU k navrhování výrobních cílů evropského obranného průmyslu, posouzení chybějících výrobních kapacit pro uspokojení pořizovacích potřeb a odstranění konfliktů v plánech tzv. kolaborativních veřejných zakázek, aniž by byla dotčena pravidla hospodářské soutěže [2].

Plán realizace: svolávat fórum členských států pro společné posouzení nutnosti aktivace stavu krize dodávek, provádění přezkumu vnitrostátních krizových opatření [1], společné plánování vojenských schopností, projednání kolaborativního zadávání veřejných zakázek a provádění společné analýzy nedostatků v oblasti obranných investic [2].

Předpokládaný dopad: zvýšení efektivity plánů v oblasti obrany a zabránění duplicitám, trvalá spolupráce, vzájemná informovanost o výrobních kapacitách, vytvoření evropské obranné infrastruktury společného zájmu a využití, zajištění dostupnosti strategických podpůrných schopností potřebných pro rychlé nasazení na bázi EU [2] a vytvoření potenciálního nástroje pro přesnější a sdílené stanovení vojensko-průmyslových priorit v rámci EU [4].

1.2 ROZŠÍŘENÍ NÁSTROJE PRO POSÍLENÍ EDTB PŘES KOLABORATIVNÍ ZADÁVÁNÍ VEŘEJNÝCH ZAKÁZEK (EDIRPA)

Řešený problém: nutnost zapojit dodatečné nástroje pro účinnější využití již existujících prostředků pro společné plánování schopností, investic do nich a jejich dodání.

Plán realizace: prostřednictvím logiky již existujícího nástroje na bázi aktu o posílení evropského obranného průmyslu prostřednictvím kolaborativního zadávání veřejných zakázek (European defence industry reinforcement through common procurement act, EDIRPA) udělat z kolaborativního zadávání veřejných zakázek pravidlo, navrhnout členským státům, aby do roku 2030 alespoň 40 % obranných schopností bylo pořizováno kolaborativně [2] a navrhnout, aby se v případě provádění předběžných plateb v rámci zakázek platby uskutečňovaly na bázi prostředků z fondů EU [1].

Předpokládaný dopad: větší spolupráce v průběhu celého životního cyklu obranných schopností, umožnění rychlejšího přizpůsobení obranného průmyslu strukturálním změnám, zvýšení efektivity veřejných výdajů členských států [2] a zvýšení počtu objednávek od členských států pro podniky působící v oblasti obrany [3].

1.3 PODPORA DOHODNUTÝCH CIVILNÍCH A OBRANNÝCH STANDARDŮ, ČINNOSTI RYCHLÉ KŘÍŽOVÉ CERTIFIKACE

Řešený problém: nutnost odstranit překážky fungování vnitřního trhu a jeho fragmentaci kvůli odlišným přístupům k technickým požadavkům, standardizaci a certifikaci napříč EU, potřeba zabránit snahám členských států přizpůsobit evropské programy svým vnitřním potřebám a aplikovat standardizační dohody dobrovolně, nutnost zabránit vynakládání extrémně vysokých nákladů na výzkum

a vývoj, pořízení a údržbu, neoptimálnímu využívání dodavatelských řetězců a omezeným možnostem společného výcviku a logistiky [2].

Plán realizace: harmonizovat vyhlášené výzvy přes vymezení společných požadavků, nabídnout pobídky k používání nejběžnějších standardů, zajistit upřednostnění projektů přispívajících ke standardizaci požadavků, za specifických okolností typu krizí nicméně umožnit uznávání vnitrostátních certifikací [2] a vytvořit seznam vnitrostátních certifikačních orgánů s pravomocí vyžádat si od jiného státu informace o rozsahu certifikace [1].

Předpokládaný dopad: zvýšení konkurenceschopnosti EDTIB a vznik úspor z rozsahu [2] zejména v oblasti výzkumu a vývoje [4].

1.4 ZPŘÍSTUPNĚNÍ STRUKTURY PRO EVROPSKÝ ZBROJNÍ PROGRAM (SEAP)

Řešený problém: nedostatek nástrojů odpovídajících složitosti výzev v rámci programů spolupráce v oblasti vyzbrojování (zejména v rámci tzv. stálé strukturované spolupráce PESCO (Permanent Structured Cooperation)) vedoucí k prodávám a překračování nákladů [1].

Plán realizace: vytvořit standardizované postupy pro zahájení a řízení programů spolupráce s možností využití zvýšené míry financování, zajistit osvobození od daně z přidané hodnoty v případě účasti na SEAP (Structure for European Armament Programme), poskytovat bonus za produkty vyvinuté a pořízené na bázi SEAP, umožnit financování přes vydání dluhopisů [4] a umožnit alokaci finančních zdrojů ve výši 10 % na výzkum a vývoj, 30 až 35 % na investiční náklady a 55 až 60 % na provozní náklady až po likvidační [3].

Předpokládaný dopad: vytvoření solidních programů spolupráce v oblasti vyzbrojování s úplným životním cyklem [2] a zajištění podpory v životním cyklu obranného produktu nebo technologie až do jeho vyřazení [1].

1.5 VYTVOŘENÍ EVROPSKÉHO MECHANISMU PRO PRODEJ VOJENSKÉHO MATERIÁLU

Řešený problém: zvýšená závislost na třetích zemích z úhlu pohledu pořízení schopností, omezující konkurenceschopnost EDTIB [2], a vývoz do třetích zemí 3 až 4krát větší do zemí mimo EU než v rámci EU [3].

Plán realizace: zahájit projekt pro vytvoření ústředního katalogu obranných produktů vyvinutých EDTIB (data do katalogu by dobrovolně poskytoval průmysl prostřednictvím zvláštních výzev) [4], zajistit finanční podporu pro vytvoření tzv. rezervoáru obranných schopností a jejich rychlé dostupnosti [2] a zpřístupnit příspěvky na související přímé a nepřímé náklady a příspěvky na budování administrativních kapacit pro účely rezervoáru [1].

Předpokládaný dopad: schopnost EDTIB uspokojit poptávku členských států EU po obranné produkci z hlediska rychlosti (kratší dodací lhůty) a množství, zvýšení povědomí o její dostupnosti [3] a snížení administrativní zátěže pro členské státy [2].

1.6 ZAHÁJENÍ EVROPSKÝCH OBRANNÝCH PROJEKTŮ SPOLEČNÉHO ZÁJMU

Řešený problém: nízká míra investic do obranného průmyslu ze strany zemí EU (80 % investic v EU bylo uskutečněno od roku 2022 zeměmi mimo EU, přičemž cílem je zvýšení podílu zemí EU na investicích do výše 50 % do roku 2030).

Plán realizace: podpořit spolupráci přes využití prostředků z EDIP a Evropského obranného fondu (European Defence Fund, EDF) zejména pro zajištění a ochranu volného přístupu členských států EU k projektům v kybernetické, kosmické, vzdušné a námořní oblasti [2] a definovat kritéria pro zajištění tohoto přístupu (např. u jistých činností finanční příspěvek by neměl překročit 25 % způsobilých nákladů) [1].

Předpokládaný dopad: maximalizace ekonomického dopadu přes realizaci velkých a kritických projektů a možnost pokrytí schopností, k nimž řada členských států by za normálních okolností přístup neměla [3].

1.7 ROZŠÍŘENÍ AKTU NA PODPORU VÝROBY MUNICE (ASAP)

Řešený problém: problém odolnosti a bezpečnosti dodávek napříč EU při plném zohlednění specifických potřeb členských států, které jsou nejvíc vystavené riziku bezpečnostních hrozeb, a existence řady úzkých míst bránících efektivnímu pohybu obranných schopností.

Plán realizace: rozšíření logiky aktu nad rámec pozemní munice a raketových střel do nejkritičtějších produktů, zajištění řešení následků snížení výroby po uspokojení poptávky po obranné produkci a zabezpečení dostupnosti civilních zdrojů co se týče bezpečnostní prověrky a výškolení pro období krizí.

Předpokládaný dopad: zvýšený objem výroby relevantního obranného vybavení, krácení jeho dodací lhůty a neustálá připravenost volných kapacit, umožňujících navýšení výroby v případě náhlého nárůstu poptávky po obranném vybavení [2].

1.8 ZAVEDENÍ POLITIKY NA PODPORU VÝROBY DRONŮ

Řešený problém: zbývající kritické závislosti a úzká místa po financování bezpilotních systémů přes EDF od roku 2017 [4] a hlavně dosažení hromadné výroby těchto systémů.

Plán realizace: podpořit kolaborativní zadávání zakázek na drony v rámci EDIRPA prostřednictvím koordinovaných výzev, kombinujících finanční nástroje na bázi fondů EU a půjčky od Evropské investiční banky (EIB), zřídit síť středisek na bázi EU pro testování dronů civilní obrany [2] a zvýšit financování výrobních řad použitelných za nouzového stavu [4].

Předpokládaný dopad: možnost výměny technologických poznatků mezi civilním a obranným sektorem a okamžitá dostupnost dronových technologií jako klíčového prostředku obranné připravenosti v případě konfliktů vysoké intenzity [2].

1.9 VYTVOŘENÍ FONDU PRO URYCHLENÍ TRANSFORMACE DODAVATELSKÝCH ŘETĚZCŮ V OBLASTI OBRANY (FAST)

Řešený problém: omezený přístup malých a středních podniků a malých společností se střední tržní kapitalizací k dluhovému nebo kapitálovému financování [2] a nevyužití možností jednotlivých členských zemí EU pro řízení dodavatelských řetězců [3].

Plán realizace: podpořit rozšiřování inovativních obranných společností [2], umožnit kombinování zdrojů dluhového a kapitálového financování a zpřístupnit ho primárně pro malé a střední podniky [1], využít možnosti evropského jednotného trhu pro transformaci řetězců [3] a monitorovat výrobní kapacity kritických obranných produktů [4].

Předpokládaný dopad: umožnění generování násobku rozpočtu vyčleněného FAST (Fund to Accelerate Defence Supply Chain Transformations) přes multiplikační efekt [1] a rozvoj ekosystému investorů zaměřených na růstovou fázi vývoje podniků [2].

1.10 OPATŘENÍ V NÁVAZNOSTI NA EXISTUJÍCÍ PROGRAM EU PRO INOVACE V OBLASTI OBRANY

Řešený problém: nízké propojení inovativních podniků, vyrábějících vojenský materiál, s koncovými uživateli a investory a hledání způsobů podpory přenosu slibných technologií z civilního do obranného sektoru.

Plán realizace: zavést neustále otevřené výzvy k předkládání inovativních projektů, umožnit individuální přizpůsobení opatření EU vzhledem k potřebám uchazečů o podporu, podpořit pořádání tzv. hackathonů pro umožnění mladým inženýrům a inovativním podnikům přijít s neoptimálnějším řešením konkrétních problémů na bojišti a čerpat finanční prostředky z EDF pro období 2023 až 2027 ve výši až 840 milionů EUR.

Předpokládaný dopad: snížení administrativní zátěže pro inovativní společnosti a umožnění překonání tradičních překážek vstupu na trh [2].

1.11 ZAVEDENÍ REŽIMU EU PRO BEZPEČNOST DODÁVEK

Řešený problém: absence odpovídajících nástrojů nebo jejich uplatnění v omezené míře [2].

Plán realizace: monitorování produktů kriticky důležitých pro určité dodavatelské řetězce v oblasti obrany na základě veřejně dostupných informací a v případě potřeby i z údajů poskytnutých relevantními podniky, za podmínky aktualizace těchto informací nejméně jednou ročně [1].

Předpokládaný dopad: zvýšení odolnosti EDTIB [2].

1.12 OTEVŘENÍ KANCELÁŘE PRO INOVACE V KYJEVĚ

Řešený problém: zajištění potřeb ukrajinského obranného průmyslu a ozbrojených sil, jejich obnova, rekonstrukce a modernizace [4].

Plán realizace: vytvoření podmínek pro propojení začínajících podniků a inovátorů z EU a ukrajinského průmyslu a ozbrojených sil.

Předpokládaný dopad: technologické průlomů s dopadem na bojiště [2].

1.13 OPATŘENÍ K ODSTRANĚNÍ PŘEKÁŽEK PRO ZÍSKÁNÍ FINANCOVÁNÍ PRO ODVĚTVÍ OBRANY EU

Řešený problém: vysoké překážky pro získání financování právě pro malé a střední podniky působící v oblasti obrany kvůli specifickým obrannému trhu [2] a absence hrazení nákladů vzniklých před podáním žádosti o grant na úrovni EU (čili nezpůsobilých nákladů) [1].

Plán realizace: prosadit změnu úvěrových politik finančních institucí vůči podnikům pohybujícím se v oblasti obrany [2], zajistit, aby podpora z prostředků Unie pokrývala až 100 % přímých způsobilých nákladů nebo min. 50 % částky stanovené pro aktivity nespojené s finančními náklady [1], a umožnit získání dalších prostředků prostřednictvím vydání eurobondů ve výši až 100 miliard EUR [4].

Předpokládaný dopad: stimulace finančního trhu, synergický efekt mezi finančními nástroji a granty, urychlení civilních inovačních cyklů skrz platformy s potenciálem dvojího užití [2] a možnost získat zpět procentní podíl zisku, odpovídající příspěvku Unie na skutečně vzniklé způsobilé náklady, u aktivit z grantů [1].

1.14 UMOŽNĚNÍ ÚČASTI UKRAJINY NA ZADÁVÁNÍ VEŘEJNÝCH ZAKÁZEK A ZÍSKÁNÍ PODPORY VE SPOLUPRÁCI S EDTIB

Řešený problém: možnosti využití ukrajinské válečné ekonomiky jako zkušebního prostředí připravenosti evropského obranného průmyslu [2] a neustálý vznik nových potřeb ukrajinské obrany [3].

Plán realizace: umožnit ukrajinským podnikům účast na kolaborativním zadávání veřejných zakázek na bázi EU, poskytnout možnost pro čerpání prostředků pro pořízení vojenského vybavení ukrajinskou stranou z mimořádných peněžních zůstatků z příjmů ze zadržených ruských státních aktiv [2] a umožnit poskytnutí ukrajinské straně dalších prostředků mimo rozpočet EDIP [4].

Předpokládaný dopad: větší předvídatelnost prioritních potřeb Ukrajiny, a tudíž i příležitostí pro EDTIB [2].

1.15 POSÍLENÍ SPOLUPRÁCE S NATO NA ÚROVNI ŠTÁBŮ V OBLASTECH SPOLEČNÉHO ZÁJMU

Řešený problém: garantované pokrytí prioritních oblastí společného zájmu.

Plán realizace: zajistit při vzájemné spolupráci větší zaměření na obranný průmysl a témata jako oběhové hospodářství, interoperabilita, průmyslové aspekty změny klimatu, standardizace, křížová certifikace, bezpečnost dodavatelských řetězců a intenzivnější sdílení informací mezi NATO a Evropskou komisí, Evropskou službou pro vnější činnost a Evropskou obrannou agenturou (European Defence Agency, EDA).

Předpokládaný dopad: zajištění doplňkovosti společného úsilí [2].

2 NEDOSTATKY EVROPSKÉHO PROGRAMU OBRANNÉHO PRŮMYSLU A DOPORUČENÍ PRO JEJICH ODSTRANĚNÍ

I přes jednoznačnou snahu o pokrytí maximálního počtu oblastí v otázce zvýšení obranné připravenosti EU se nicméně stále dají vznést určité námitky proti plánu opatření vypracovaných v rámci EDIP; na základě výsledků analýzy některých sporných aspektů plánu byla současně zformulována doporučení pro možnosti jejich odstranění.

2.1 VYTVOŘENÍ RADY PRO PŘIPRAVENOST OBRANNÉHO PRŮMYSLU

Mezera: nařízení, jehož prostřednictvím byl zřízen EDIP, stanovuje, že EDIP bude představovat efektivní doplněk ke stávajícím politikám, programům a nástrojům EU [1], což zcela koresponduje s přístupem definovaným v rámci společného akčního plánu pro posílení bezpečnosti a obranné politiky, tzv. Strategického kompasu EU („common efforts [...] part of an EU integrated approach“ [5]). Existuje ovšem riziko, že zřízení na bázi EDIP orgánu, aktivně podílejícího se na společné identifikaci obranných potřeb a společném plánování obranných schopností, jímž je Rada, bude v určitých fázích vnímáno členskými státy EU jako organizované úsilí o prohloubení evropské integrace v oblasti obrany. Protichůdné vnímání evropských politik členskými státy historicky brzdilo vytvoření jednotného přístupu k obranné politice napříč EU [6] a může potenciálně brzdit i rozhodování na úrovni Rady ohledně definování společných cílů a způsobů realizace přijatých rozhodnutí. Například existence stálé strukturované spolupráce PESCO, Koordinovaného každoročního přezkumu v oblasti obrany (Coordinated Annual Review on Defence, CARD) a Evropského obranného fondu je již poukazována jako ústup od čistě mezivládního přístupu ke spolupráci [7].

Doporučení: relativně krátká doba trvání programu (2025 až 2027) může prospět jeho propagaci; pokud na úrovni Rady bude zdůrazňován aspekt dobrovolnosti účasti na jednotlivých iniciativách (zejména v oblasti identifikace potřeb a plánování) a program bude po jeho ukončení vyhodnocen jako vykazující vysokou úspěšnost, lze očekávat, že v případě prodloužení programu se účast méně aktivních členských států na jednotlivých iniciativách zvýší.

2.2 ROZŠÍŘENÍ NÁSTROJE PRO POSÍLENÍ EDTB PŘES KOLABORATIVNÍ ZADÁVÁNÍ VEŘEJNÝCH ZAKÁZEK (EDIRPA)

Mezera: Evropská strategie pro obranný průmysl (EDIS) si stanovuje dva relativně ambiciózní cíle pro realizaci na bázi EDIRPA: udělat z kolaborativního zadávání veřejných zakázek v oblasti obrany normu (dokonce pravidlo) a navrhnout členským státům, aby se do roku 2030 do 40 % obranných schopností pořizovalo kolaborativně [2]. Vzhledem ke skutečnosti, že kolaborativní pořizování vojenských schopností dosahovalo v posledních letech jenom 18 % celkového objemu veřejných zakázek v oblasti obrany napříč EU [8], existuje riziko, že bez náležité propagace možnosti společného pořizování obranný průmysl bude i nadále preferovat využití veřejných zakázek na úrovni národních států, což se dělo doteď i přes dostupnost odpovídajících nástrojů na úrovni EU. Dosažení čtyřicetiprocentního podílu v otázce pořizování schopností by se také mělo brát s podstatnou nadsázkou, jelikož se členským státům dosud nepodařilo dosáhnout např. cíle z roku 2007 vynakládat 35 % rozpočtů na vojenské vybavení v rámci kolaborativního zadávání zakázek na úrovni EU [2], kdežto pro dosažení výše uvedeného cíle v hodnotě 40 % mají členské státy k dispozici pouze 5 let.

Doporučení: záměr EDIRPA již pokrývá hodně široké spektrum příležitostí, proto by se dalo spíše doporučit vyhodnotit výsledky po skončení programu v roce 2027, stanovit oblasti vyžadující zvýšenou pozornost nebo úpravu, určit, jakého podílu veřejných zakázek na úrovni EU bylo za období 2025 až 2027 dosaženo, a přizpůsobit tomu i plán, kdyby EDIP byl prodloužen o další období.

2.3 PODPORA DOHODNUTÝCH CIVILNÍCH A OBRANNÝCH STANDARDŮ, ČINNOSTI RYCHLÉ KŘÍŽOVÉ CERTIFIKACE

Mezera: aktuálně se EDTIB pohybuje ve třech rovinách co se týče harmonizace standardizace a certifikace: vymezení společných požadavků na standardizaci členskými státy EU, používání stávajících standardů a vytváření nových standardů a jejich vzájemné uznávání [2]. Charakteristickým rysem všech uvedených přístupů je to, že fungují na základě principu dobrovolného přijetí společných standardů (příkladem mohou být standardizační dohody NATO STANAG). V rámci EDIP bylo přislíbeno poskytování pobídek pro motivaci členských zemí využívat konkrétní standardy (zejména ty, co obsahuje ústřední databáze evropského referenčního systému standardů v oblasti obrany EDSTAR, tzv. BPS („best-practice standards“ [9]), přičemž výzvy a projekty by měly přímo motivovat k přijetí určitých standardů [2]. Není ovšem jasné, jaký bude mít dopad razantní ústup od dobrovolnosti na existující aktivně používané vnitrostátní standardy.

Doporučení: vzhledem k tomu, že Evropská komise bude v souladu se strategií EU pro normalizaci podporovat využívání NATO STANAG [2], je nezbytné maximálně podrobně ošetřit proces aplikace dohod na úrovni členských států EU, jelikož preferování využití vnitrostátních standardů bylo prozatím spojené primárně s nedůvěrou v ty harmonizované (příkladem může být nedůvěra vyjádřená vůči podmínkám a požadavkům definovaným v rámci STANAG v oblasti munice [10]).

2.4 ZPŘÍSTUPNĚNÍ STRUKTURY PRO EVROPSKÝ ZBROJNÍ PROGRAM (SEAP)

Mezera: v rámci programu by měly být členským zemím EU dle EDIP nabídnuty dostatečně štědré příspěvky v případě účasti země na SEAP: osvobození od DPH, poskytnutí dodatečných bonusů spojených s přistoupením k programu, možnost alokace finančních příspěvků v různých fázích životního cyklu obranného produktu a možnosti získání zvýšené míry financování v případě potřeby. V kontextu takových příležitostí není ovšem zřejmý dopad takových pobídek na rozpočtový rámec stanovený pro EDIP. Například v rámci stálé strukturované spolupráce PESCO (taky financované z EDF), které je vytýkána „absence účelu“, jelikož země účastníci se platformy občas nejsou schopny přesně definovat, jaký balíček schopností potřebují zajistit přes PESCO, 3 % projektů procházejících PESCO bylo nakonec neúspěšné [8], což mělo své implikace z úhlu pohledu nákladů.

Doporučení: v této části je nutno se vrátit k prohlášení v rámci EDIP, že program nebyl vytvořen na základě kvantitativní analýzy, nýbrž byl zformulován na základě konzultací s různými expertními skupinami, s následným vypovídajícím stanovením rozpočtu v rámci programu v podobě poměru „1 miliarda EUR na rozvoj schopností a 500 milionů EUR na obranný výzkum“ [1]. Sice je pochopitelné, že se program vytvářel v rychlosti, skoro za nouzových podmínek, jelikož se aktuálně vyžaduje rychlá reakce na bezpečnostní situaci, ale nicméně je zcela nezbytné stanovovat kvantifikovatelný odhad dopadu přijatých opatření předem, aby bylo možné následně provést adekvátní vyhodnocení, zda peníze daňových poplatníků EU byly využity skutečně účelně a efektivně.

2.5 VYTVOŘENÍ EVROPSKÉHO MECHANISMU PRO PRODEJ VOJENSKÉHO MATERIÁLU

Mezera: pro účely podpory mechanismu program stanovuje potřebu vytvořit centralizovaný katalog s přehledem vojenského materiálu pro účely zpřístupnění obranných produktů napříč EU a umožnění jejich rychlejší dostupnosti v případě potřeby. Kontroverzním aspektem je ovšem dobrovolnost poskytování údajů do katalogu (zařazení obranného produktu do katalogu by dle programu mělo probíhat prostřednictvím speciálních výzev), což nepříspěvá ke zvýšení výše zmíněné dostupnosti vojenského materiálu. Otázka přístupu k široké nabídce obranné produkce začíná však nabývat kritičnosti, pokud se zhodnotí, jaká je aktuální přístupnost produkce pro jednotlivé členské země (60 až 78 % dovozu vojenského materiálu bylo uskutečněno mezi lety 2007 až 2023 ze zemí původem mimo EU [2]).

Doporučení: aktuálně klíčové vojenské schopnosti stoprocentně odpovídající potřebám členských států EU objektivně chybí; ty se zatím ve značné míře pořizují od partnerských zemí napříč světem [11]. Cíl

programu zvednout podíl zemí EU na investicích do evropského obranného průmyslu na úroveň 50 % již do roku 2030 [2] by měl přispět ke zvýšení dostupnosti kritické obranné produkce pro využití napříč EU, což by mohl reflektovat i katalog navržený v rámci programu, pro což je nezbytné aktivní využití katalogu širokým okruhem států EU.

2.6 OPATŘENÍ K ODSTRANĚNÍ PŘEKÁŽEK PRO ZÍSKÁNÍ FINANCOVÁNÍ PRO ODVĚTVÍ OBRANY EU

Mezera: program si položil za cíl prosadit změnu úvěrových politik bank a soukromých investorů, kteří jsou obvykle spíše zdrženliví vůči poskytování půjček společnostem (v tomto případě malým a středním podnikům a společnostem se střední tržní kapitalizací) pohybujícím se v obranném průmyslu. Platforma InvestEU, vytvořená v roce 2021 a nahrazující předchozí podobnou platformu z roku 2014, byla zatím schopna nabídnout široké portfolio evropských finančních nástrojů pro různé druhy financování. Avšak v důsledku výše zmíněné zdrženlivosti bankovních a investičních institucí, reflektované v jejich přísné interpretaci tzv. ESG standardů („faktorů environmentálního, sociálního a správního řízení“) hodnotícím rating jednotlivých společností [12] nebylo možné v plné míře využít příležitostí nabízených InvestEU [2]. Není ovšem jasné, v čem bude spočívat změna přístupu finančních institucí vůči ESG standardům, jelikož přísný přístup má odpovídající důvody pro svou existenci a jeho oslabení by mohlo přinést rizika, která dříve tento přístup odstraňoval.

Doporučení: mimo úvěrové politiky finančních institucí by bylo vhodné zaměřit se na zprostředkování přezkumu přímo ESG standardů, jelikož klasifikace aktivit v rámci standardů aktuálně zařazuje řadu oblastí v rámci obrany a bezpečnosti primárně do kategorie rizikových aktivit (např. z hlediska udržitelnosti životního prostředí nebo sociální udržitelnosti ve smyslu pojetí bezpečnosti) [13].

Vývoj bezpečnostního prostředí v Evropě po zahájení války vysoké intenzity Ruskou federací proti Ukrajině v únoru 2022 bezesporu přispěl k celkové dynamizaci zbrojních programů jak na úrovni národních států v rámci EU, tak na úrovni samotné EU; vytvoření Evropského programu obranného průmyslu je zcela logickým důsledkem takového vývoje. Stále vysoká poptávka po vojenském materiálu ze strany Ukrajiny a zjevné nedostatky dlouhodobě vykazované EDTIB vyžadovaly a vzhledem k aktuálnímu stavu bezpečnostní situace budou vyžadovat odpovídající balíček investic, a především **adekvátní** míru jejich koordinace se zohledněním existujících mezer. Podle doprovodného pracovního dokumentu k EDIP je roční potřeba ukrajinských ozbrojených sil například v dělostřeleckých granátech odhadována přibližně na 1 milion kusů, kdežto celková roční výrobní kapacita EDTIB zatím dosahuje jen 300 až 400 tisíc kusů – a za **účinné** podpory v rámci programů ASAP a EDIP by se výrobní kapacita napříč EU měla do konce roku 2025 zvýšit na 2 miliony kusů. Zintenzivnění výroby je současně reakcí na extrémní pokles výroby munice po skončení studené války a její dosavadní výrobu výhradně pro potřeby výcviku, pro konflikty nízké intenzity a krátkodobé operace vysoké intenzity [3]. Pro uzavření výše zmíněných mezer v oblasti výroby munice se mezi lety 2021 a 2024 odpovídajícím způsobem zvyšovalo i financování na úrovni EU:

Tab. 1 Finanční prostředky z fondů EU vyčleněné na podporu výroby munice v letech 2021 až 2024 (v mld. EUR)

Program (P) / Fond (F)	Původní plán pro období 2021 až 2027	Rok 2022	Období 2023 až 2024
Akt na podporu výroby munice (ASAP – P)	0	0,5	N/A
Nástroj pro posílení EDTIB přes kolaborativní zadávání veřejných zakázek (EDIRPA – P)	0	0,3	0,24
Evropský mírový nástroj (EPF – P)	5	12	N/A
Evropský obranný fond (EDF – F)	8	7,7	0,26

Zdroj: [14]

Kromě zohlednění mezer vyplývajících přímo z nastavení jednotlivých programů bude nutno počítat s **omezeními pocházejícími i z platné legislativy na úrovni EU i národních států** – jako příklad by se dalo uvést stupeň aplikace směrnice Evropského parlamentu a Rady EU 2009/43/ES o zjednodušení podmínek transferů produktů pro obranné účely uvnitř Společenství (a zajištění řádného

fungování vnitřního trhu [15]); ačkoliv cílem EDIP je podpora programů společného zájmu, harmonizace, standardizace a posílení kolaborativního přístupu k otázkám obrany, bude nutné překonat významné spektrum zejména netarifních obchodních bariér, které neumožňují rozvoj skutečně společného evropského trhu s vojenským materiálem [14].

ZÁVĚR

Zřízení Evropského programu obranného průmyslu je bezesporu kritickou etapou pro posílení evropského obranného průmyslu za účelem zvýšení obranné připravenosti Evropské unie. Ke zvýšení obranné připravenosti EU má přispět soubor opatření definovaných v rámci programu, konkrétně vytvoření celounijního fóra pro společné plánování vojenských schopností, opatření pro aktivní prosazení kolaborativního zadávání veřejných zakázek, maximální harmonizace odpovídajících standardů a certifikací napříč EU, rozšířená finanční podpora pro programy spolupráce v oblasti vyzbrojování, umožnění hromadné výroby dronových technologií v EU, zajištění přístupu inovativních podniků s malou a střední tržní kapitalizací z oblasti obrany k různým druhům financování, monitorování produktů kritických pro jisté dodavatelské řetězce, zvýšení spolupráce s ukrajinským obranným průmyslem zejména pro účely jeho propojení s evropskými inovativními společnostmi nebo zdůraznění konkrétních vojensko-průmyslových oblastí stěžejních pro EU při spolupráci s NATO.

V rámci analýzy programu byly nicméně zjištěny mezery, nesoucí rizika pro realizaci plánu stanoveného pro program, konkrétně riziko potenciálně rozporuplného přístupu členských států EU ke společnému plánování schopností, problém nadměrné ambicióznosti při stanovení cílů pro oblast kolaborativního zadávání veřejných zakázek, problém implementace harmonizovaných standardů na úkor vnitrostátních, riziko nesplnění stanoveného výdajového rámce kvůli absenci kvantitativní analýzy dopadů opatření, problém dobrovolnosti poskytování informací o dostupném vojenském materiálu členskými státy EU do plánovaného katalogu kvůli riziku potenciálně snížené dostupnosti materiálu a riziko přehlednutí klíčového důvodu pro sníženou otevřenost finančních institucí vůči podnikům z oblasti obrany kvůli zaměření výhradně na úpravu úvěrových politik.

V příspěvku bylo doporučeno prosazení politiky dobrovolné účasti na společném plánování vojenských schopností členských států minimálně v prvních fázích vývoje programu, přezkum cílů v oblasti kolaborativního zadávání veřejných zakázek po ukončení programu v roce 2027 v závislosti na výsledcích, zajištění maximálního odstranění překážek pro aplikaci harmonizovaných standardů na úrovni členských států, provedení kvantitativní analýzy dopadu opatření, a ne primárně na základě konzultací, motivování členských států EU k zadávání maximálního rozsahu informací do plánovaného katalogu obranných produktů a přezkum ESG standardů. Při odstranění mezer v rámci programu je nutné také zohlednit překážky vytvářené související platnou legislativou na různých úrovních.

Zaměření tohoto příspěvku vytváří základ pro následné provedení komplexnější analýzy pro odhalení potenciálních problémů spojených s plánem definovaným v rámci programu a formulaci varování před možnými souvisejícími riziky. Adekvátní komplexní zhodnocení opatření a včasná náprava případných varovných signálů přispěje k úspěšné realizaci stanovených bodů plánu a odpovídajícímu naplnění strategických cílů Společné bezpečnostní a obranné politiky EU.

Použitá literatura

- [1] *Návrh nařízení Evropského parlamentu a Rady, kterým se zřizuje Program pro evropský obranný průmysl a rámec opatření pro zajištění včasné dostupnosti a dodávek obranných produktů (EDIP)*, 2024. Online. Evropská komise. Dostupné z: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7340-2024-INIT/cs/pdf>. [cit. 2025-02-12].
- [2] *Nova strategie pro evropský obranný průmysl*, 2024. Online. Evropská komise. Dostupné z: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/1ac79016-0568-4a2a-bcc8-289006045a52_en. [cit. 2025-02-09].
- [3] *Staff Working Document for a European Defence Industry Programme and a framework of measures to ensure the timely availability and supply of defence products*, 2024. Online. Evropská komise. Dostupné z: <https://defence-industry->

- space.ec.europa.eu/document/download/f1e6ba44-4720-4f14-a991-a3a7f3afb475_en?filename=Staff%20Working%20Document%20on%20EDIP.PDF. [cit. 2025-02-08].
- [4] SANTOPINTO, Federico. *Understanding the Challenges of EDIP and European Defence: The Main Proposals on the table Isolated and Explained*, 2024. Online. In: Institute for International and Strategic Affairs (IRIS). Dostupné z: https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2024/09/ARES_2024_09_EDIP_Factsheets.pdf. [cit. 2025-02-16].
- [5] *A Strategic Compass for Security and Defence*, 2022. Online. Rada Evropské unie. Dostupné z: https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/strategic_compass_en3_web.pdf. [cit. 2025-02-17].
- [6] PETRÁŠ, Zdeněk a KUBEŠA, Milan, 2017. *Perspektivy tvorby společných evropských ozbrojených sil*. Brno: Univerzita obrany v Brně. ISBN 978-80-7582-027-3. [cit. 2025-02-11].
- [7] BRØGGER, Tine Elisabeth, 2024. *A 'Europe of defence'? The establishment of binding commitments and supranational governance in European security and defence*. Online. In: Journal of European Integration. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/07036337.2024.2379421>. [cit. 2025-02-18].
- [8] *Reinforcing Europe's defence industry*, 2024. Online. Evropský parlament. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/749805/EPRS_BRI\(2023\)749805_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/749805/EPRS_BRI(2023)749805_EN.pdf). [cit. 2025-02-10].
- [9] *EDA standardization: critical enabler for interoperability and cooperation*, 2024. Online. Evropská obranná agentura. Dostupné z: <https://eda.europa.eu/docs/default-source/brochures/standardisation---eda-factsheet-april-24.pdf>. [cit. 2025-02-16].
- [10] LANDRUM, Gen L., GLEASON, Joel P. a CORRADO, G., 2023. *Turning standard ammunition into sharable ammunition*. Online. In: NATO. Dostupné z: <https://www.nato.int/docu/review/articles/2023/11/10/turning-standard-ammunition-into-sharable-ammunition/index.html>. [cit. 2025-02-14].
- [11] ANDERSSON, Jan Joel, 2024. *Guns. Lots of guns – EU strategic responsibility and the European defence industry*. Online. In: European Union Institute for Security Studies (EUISS). Dostupné z: <https://www.eiss.europa.eu/publications/commentary/guns-lots-guns-eu-strategic-responsibility-and-european-defence-industry>. [cit. 2025-02-16].
- [12] *Financing the European defence industry*, 2024. Online. Evropský parlament. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/762383/EPRS_BRI\(2024\)762383_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2024/762383/EPRS_BRI(2024)762383_EN.pdf). [cit. 2025-02-18].
- [13] *Mainstreaming defence industrial readiness culture throughout all policy areas at EU and national levels*, 2024. Online. Evropská komise. Dostupné z: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/bebd3d2f-bd0a-46f5-ae2-6ae586dba3ad_en?filename=EDIS%20Issue%20Paper%205.pdf. [cit. 2025-02-13].
- [14] NONES, Michele. *The Russia-Ukraine War and Implications for the European Defence Industry*, 2024. Online. In: Istituto Affari Internazionali (IAI). Dostupné z: <https://www.iai.it/en/pubblicazioni/c05/russia-ukraine-war-and-implications-european-defence-industry>. [cit. 2025-03-19].
- [15] *Zpráva Evropské komise Evropskému parlamentu a Radě EU o provedení směrnice 2009/43/ES o zjednodušení podmínek transferů produktů pro obranné účely uvnitř EU*, 2012. Online. Evropská komise. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52012DC0359&from=PL>. [cit. 2025-03-19].

NASAZENÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ ARMÁDY ČESKÉ REPUBLIKY PŘI POŽÁRU V NÁRODNÍM PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO

THE DEPLOYMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES BY THE CZECH REPUBLIC ARMY DURING THE FIRE IN THE BOHEMIAN SWITZERLAND NATIONAL PARK

Kateřina HOCOVÁ¹

Abstrakt

Lesní požáry představují rostoucí hrozbu pro přírodní systémy, lidské životy a majetek, což zvyšuje potřebu inovativních přístupů k jejich zvládnutí. V tomto kontextu se využívají moderní technologie, konkrétně bezpilotní prostředky, k monitorování a detekci požárů v těžce přístupných oblastech. Tento článek analyzuje nasazení bezpilotních prostředků Armády České republiky při zvládnutí požáru v Národním parku České Švýcarsko v roce 2022. Zaměřuje se na právní, organizační a technické aspekty nasazení bezpilotních prostředků při mimořádné události a hodnotí jejich přínos. Výsledky ukazují, že bezpilotní prostředky mohou výrazně zlepšit reakční schopnosti a přesnost při detekci požárů, avšak existují i výzvy spojené s legislativními, technologickými a logistickými procesy. Tento výzkum přispívá k lepšímu pochopení potenciálu využití bezpilotních prostředků při řešení mimořádných událostí a krizových situací a nabízí doporučení pro jejich nasazení v budoucnu.

Klíčová slova:

lesní požár, bezpilotní prostředky, Armáda České republiky, integrovaný záchranný systém, mimořádná událost

Abstract

Wildfires pose an increasing threat to natural systems, human lives, and property, which heightens the need for innovative approaches to managing them. In this context, modern technologies, specifically unmanned aerial vehicles, are used to monitor and detect fires in hard-to-reach areas. This article analyses the deployment of unmanned aerial vehicles by the Czech Army during the 2022 fire management operation in the Czech Switzerland National Park. It focuses on the legal, organizational, and technical aspects of UAV deployment during an emergency event and evaluates their contribution. The results show that unmanned aerial vehicles can significantly improve response capabilities and accuracy in fire detection, though challenges related to legislative, technological, and logistical processes remain. This research contributes to a better understanding of the potential of unmanned aerial vehicles in handling emergency events and crisis situations, offering recommendations for their future deployment.

Keywords:

wildfire, unmanned aerial vehicles, Czech Army, integrated rescue system, emergency event

ÚVOD

Lesní požáry jsou komplexním problémem po celém světě. Mohou poškodit ekosystémy, změnit vodní režim, ovlivnit živiny v půdě a změnit její vlastnosti. Vzhledem k teplotním anomáliím se mohou lesní požáry, typické pro jižní Evropu, Kanadu, USA a Austrálii, stát problémem i v České republice [1]. Podle statistik Hasičského záchranného sboru České republiky (HZS ČR) se v roce 2022 vyskytlo rekordní množství požárů, jednalo se především o požáry způsobené suchem a nedbalostí občanů. [2]. V situacích, kdy jsou hasičské jednotky nadměrně vytíženy, se ukazuje potřeba nasazení pokročilých technologií pro detekci a monitorování ohnisek požárů. V reakci na tuto výzvu byla Armáda České republiky (AČR) nasazena k podpoře monitoringu požáru prostřednictvím bezpilotních prostředků, které

¹ **npor. Ing. Bc. Kateřina Hocová**, Katedra teorie vojenství, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, Czech Republic, 00420776023918, katerina.hocova@unob.cz

umožňují sledování a analýzu ohnisek požáru v reálném čase, zejména v obtížně přístupných oblastech. Článek je založen na rešerši právních a organizačních aspektů nasazení bezpilotních prostředků AČR při zvládání požáru v Národním parku České Švýcarsko. Cílem je analyzovat právní rámec a organizační procesy využití bezpilotních prostředků AČR při řešení mimořádné události požáru v Národním parku České Švýcarsko, včetně hodnocení efektivity, identifikace výzev a zlepšení spolupráce mezi AČR a integrovaným záchranným systémem (IZS).

1 POŽÁRY V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice je požár definován vyhláškou ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), jako každé nežádoucí hoření, při kterém došlo k usmrcení nebo zranění osob nebo zvířat, ke škodám na materiálních hodnotách nebo životním prostředí a nežádoucí hoření, při kterém byly osoby, zvířata, materiální hodnoty nebo životní prostředí bezprostředně ohroženy. [3] Lesní požáry patří z hlediska lokalizace a likvidace mezi nejkomplexnější a nejnáročnější. Často se rozšiřují na velké plochy a samotné hašení je ztíženo nedostatkem vody a omezenými kapacitami zásahových jednotek. Lesní požáry se dělí na pozemní, podzemní a korunové, přičemž se podle intenzity hoření dále dělí na slabé, střední a silné. [4]

V letech 2006–2015 činil průměrný roční počet lesních požárů v České republice přibližně 730, zatímco v současnosti se zvýšil na zhruba 1 300 případů ročně. [5]

Mezi významné požáry lze zařadit požár Národního parku České Švýcarsko v roce 2003, kde se plameny rozšířily na 25 ha v obtížně přístupné skalnaté oblasti a zasahovalo 900 profesionálních i dobrovolných hasičů. [6], a požár lesního porostu v obci Bzenec, kdy došlo k zasažení téměř 165 ha lesního porostu a nasazeno bylo přes 1 500 hasičů. [7]

V roce 2022 došlo v České republice ke 2 473 lesním požárům, které zasáhly plochu přibližně 1 715 ha, což je nejvyšší počet za poslední dekádu. Lesní požáry tvořily 12 % ze všech požárů v zemi, přičemž jejich podíl na celkovém počtu požárů v posledních letech neustále roste, což je patrné z tabulky 1. [8]

Tab. 1: Počet lesních požárů v letech 2013–2023

Rok	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Počet lesních požárů	666	866	1748	892	966	2033	1963	2081	1517	2473	1509

Zdroj: [2]

Nejvýznamnějším požárem v posledním desetiletí se stal požár v oblasti Národního parku České Švýcarsko nedaleko Hřenska, který vypukl dne 23. července 2022. [9] Při rozsáhlém požáru, kdy vnější hranice zásahu byla 3 600 ha, bylo nasazeno více než 6 300 profesionálních i dobrovolných hasičů a více než 400 ks techniky. Hasební zásah byl proveden na ploše 1 100 ha. Požár byl uhašen dne 12. srpna 2022, kdy byla oblast předána zástupcům národního parku a 31. srpna bylo provedeno vyklizení přebytečného materiálu a úklid odpadu. [2]

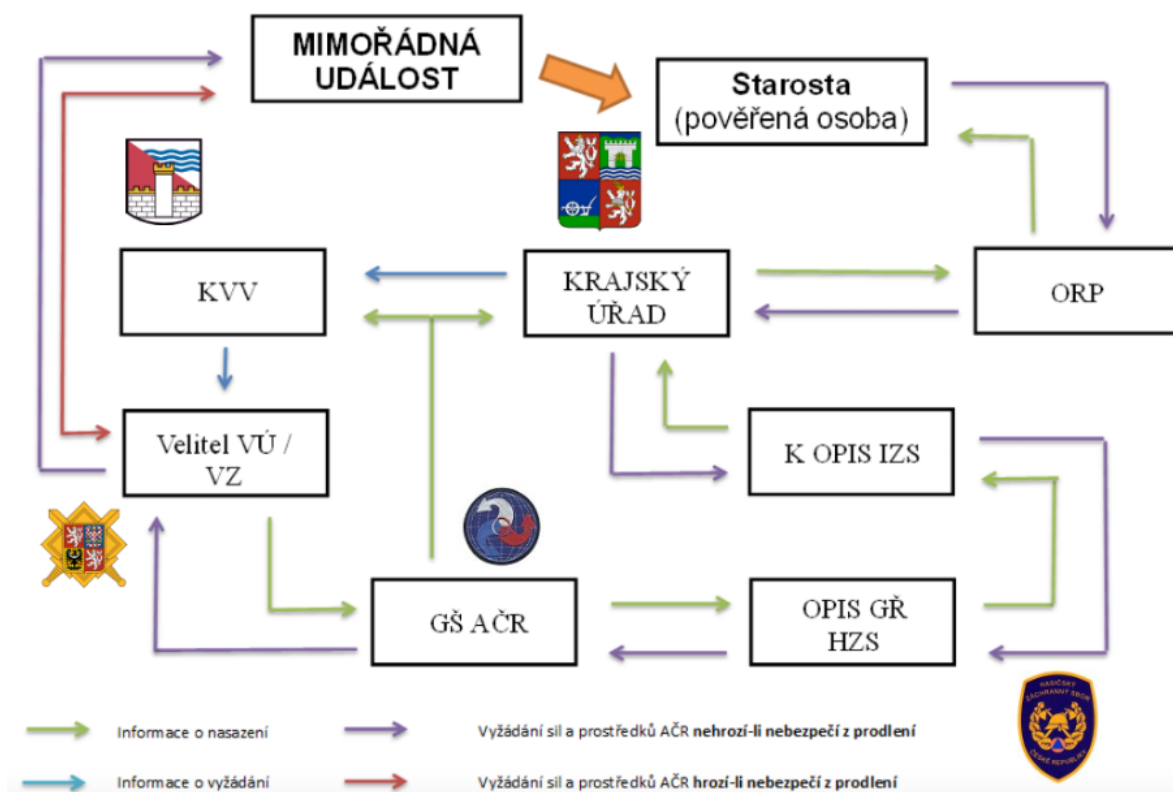
2 NASAZOVÁNÍ ARMÁDY ČESKÉ REPUBLIKY PŘI ZVLÁDÁNÍ MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ

Krizové řízení je nezbytným nástrojem pro zvládání mimořádných událostí a krizových situací, mezi něž patří přírodní katastrofy, technologické havárie či sociogenní hrozby. V České republice je krizové řízení řízeno platnými právními předpisy, které stanovují jasná pravidla a postupy pro zvládání krizových situací.

Možnost nasazení sil a prostředků AČR pro zvládání krizových situací upravuje zákon č. 221/1999 Sb., o vojácích z povolání [17], zákon č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách [10] a zákon č. 239/2000 Sb., zákon o integrovaném záchranném systému [11].

Podle §14, odst. 1 zákona č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách může být armáda použita k záchranným pracím při pohromách nebo jiných závažných situacích ohrožujících životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí, včetně likvidace následků těchto pohrom. Použití armády podle §15 téhož zákona k záchranným pracím a likvidacím následků pohromy je dočasné nasazení sil a prostředků, pokud civilní složky nejsou schopny zvládnout situaci vlastními silami [10]. Podle §4, odst. 2 zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému patří vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil do ostatních složek IZS, které podle §21 téhož zákona poskytují při záchranných a likvidačních pracích plánovanou pomoc na vyžádání. [11]

K nasazení armády dochází na základě žádostí hejtmanů krajů, starostů obcí nebo velitelů zásahů, přičemž rozhodnutí o vlastním nasazení činí Náčelník generálního štábu AČR (NGŠ AČR) nebo v případě ohrožení většího území vláda na návrh ministra vnitra. Vyžádání sil a prostředků AČR (SaP AČR) závisí na posouzení, zda v dané situaci existuje nebezpečí z prodlení. [12] Kdy a kým je pomoc požadována v těchto dvou případech se podrobněji vyjadřuje obrázek 1.



Obr. 1: Schéma vyžadování sil a prostředků AČR

Zdroj: [12]

Vyžadování SaP AČR se dále řídí dohodami mezi Ministerstvem vnitra České republiky (MV ČR) a Ministerstvem obrany České republiky (MO ČR): „Rámcová dohoda o spolupráci mezi MV ČR a MO ČR“ a „Dohoda o plánované pomoci na vyžádání mezi Českou republikou, Ministerstvem vnitra – generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru České republiky a Českou republikou, Ministerstvem obrany – generálním štábem Armády České republiky“. Dohody stanovují vyčlenění různých jednotek AČR pro záchranné a likvidační práce a určují, jakým způsobem mohou oprávněné osoby vyžádat tuto pomoc v případě krizové situace. [13] Z analýzy dokumentů vyplývá, že bezpilotní prostředky nejsou zahrnuty v SaP vyčleňovaných ve prospěch IZS.

3 CÍL A POUŽITÉ METODY

Cílem je provést analýzu právního rámce a organizačních procesů při řešení mimořádných událostí v České republice (ČR), se zaměřením na nasazení bezpilotních prostředků AČR při hašení lesního požáru

v Národním parku České Švýcarsko. V rámci této analýzy je kladen důraz na zkoumání právního a institucionálního rámce pro nasazení AČR při mimořádných událostech, hodnocení efektivity bezpilotních systémů při monitorování šíření požáru a detekci skrytých ohnisek, identifikaci hlavních výzev při nasazení bezpilotních systémů AČR a zhodnocení potenciálu pro zlepšení spolupráce mezi AČR a IZS.

Použité metody

V rámci zpracování článku byly použity metody zaměřené na analýzu právního rámce, procesů, mechanismů a výzev spojených s nasazením AČR a IZS při mimořádných událostech. Nejprve byla provedena rešerše relevantních právních předpisů, které upravují nasazení těchto složek. Dále byla zhodnocena opodstatněnost bezpilotních prostředků, koordinační procesy mezi HZS ČR a AČR a analýza výzev pro operátory bezpilotních prostředků prostřednictvím rozhovoru s kpt. Ing. Davidem Hrachovinou ze zpravodajského oddělení AČR.

4 VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ ARMÁDY ČR PŘI MONITOROVÁNÍ A ŘÍZENÍ ZÁSAHŮ BĚHEM POŽÁRU V NÁRODNÍM PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO

Požár v Národním parku České Švýcarsko vypukl dne 23. července 2022 v lokalitě Malinový dvůr a jeho rozloha byla 450x150 metrů. Následující den byl vyhlášen druhý stupeň poplachu jednotkám požární ochrany. Postupně bylo objeveno druhé ložisko požáru v lokalitě Soutěsek ve Hřensku a byl vyhlášen zvláštní stupeň poplachu. [9] V souvislosti s hašením požáru byla nasazena komplexní škála leteckých prostředků, přehled nasazené techniky je uveden v tabulce 2. Vzdušný prostor nad oblastí Národního parku České Švýcarsko byl uzavřen, řízen styčným důstojníkem a byl rozdělen na sektory, ve kterých se mohly jednotky pohybovat. [14]

Tab. 2: Nasazené letecké prostředky

Typ	Jednotka
Vrtulník Bell 412	Policie ČR
Vrtulníky W-3A Sokol, Mi-17	Armáda ČR
Vrtulník EC 135	Policie ČR
Letadlo Antonov AN-2	Letecká hasičská služba
Bezpilotní prostředky	Hasičská záchranná služba
Kvadroptéra Vážka A	Armáda ČR

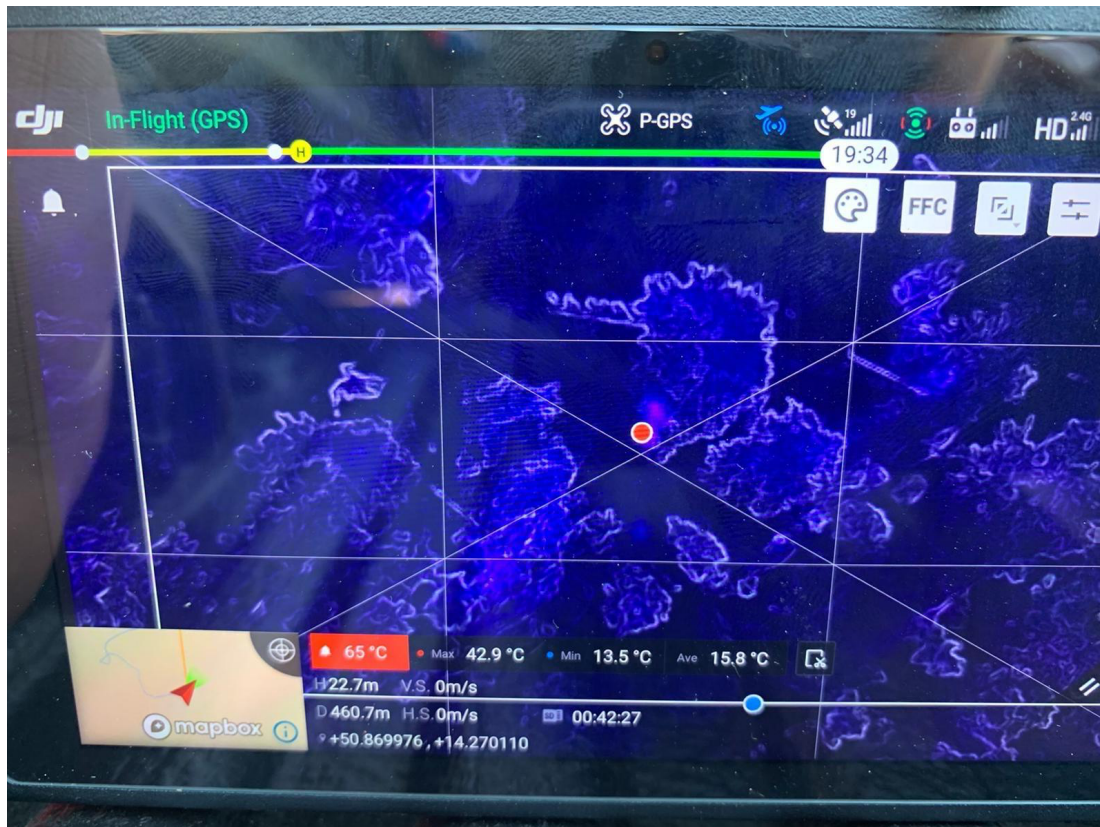
Zdroj: [2]

S ohledem na zaměření článku, se text věnuje výhradně roli bezpilotních prostředků AČR. Dne 5. srpna 2022 proběhlo jednání ministryně životního prostředí, zástupců NP a Generálního ředitelství HZS ČR o dalším postupu a v rámci krizového štábu. Generální ředitel HZS ČR genpor. Vlček požádal o nasazení SaP AČR. [15] Ministryně životního prostředí tuto žádost dále řešila s ministryní obrany ČR. Během této doby byl vydán WARNO (Warning order – předběžné nařízení) pro AČR, na jehož základě se začala připravovat jednotka bezpilotních systémů k nasazení zvládnutí mimořádné operace. Současně probíhala tvorba Organizačního nařízení na Velitelství pro operace a byla provedena rekognoskace prostoru místa nasazení. Rekognoskaci provedl příslušník 533. prBS ve spolupráci se zástupcem Velitelství pro operace, kdy došlo k odladění technických záležitostí a nastavení procesů působení jednotky na místě zásahu. Dne 13. srpna byly vyčleněny dva týmy operátorů bezpilotních systémů 533. praporu bezpilotních systémů, kteří na místo vyjeli 15. srpna. Od 15. srpna probíhala přípravná fáze k plnění úkolu, který čekal na schválení vládou [14]. Vyslání jednotky bezpilotních systémů bylo ministryní obrany ústně projednáno na zasedání vlády dne 17. srpna 2022, podle zápisu z jednání vlády [16] vzala vláda informaci na vědomí informaci MO o použití vojenské techniky podle §18, zákona č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách ČR za účelem vzdušného bezpečnostního průzkumu. Následně proběhlo vydání Organizačního nařízení Velitelství pro operace pro 53. pluk průzkumu a elektronického boje a 533. prapor bezpilotních systémů. Plná fáze plnění úkolu započala de 18. srpna 2022. Během přípravné fáze k plnění úkolů bylo doloženo Generálnímu ředitelství HZS ČR, jakými prvky je jednotka schopna operovat. [14]

Na základě popsaného postupu nasazení SaP AČR a jeho analýzy založené na komparaci vnitřních předpisů resortu MO a dohod uzavřených mezi MO a MV je možné konstatovat, že učiněné kroky byly v souladu s požadavky normativních právních aktů. Reakce na vzniklou mimořádnou událost byla koordinovaná a efektivní, což odpovídá požadavkům na využití dostupných zdrojů při mimořádných událostech či krizových situacích.

Vyčlenění jednotky bezpilotních systémů mimo standardní odřady, ačkoliv je v souladu s platnými normativními právními akty a organizačními směrnicemi, představuje určitou odchylku od zavedených postupů vyžadování SaP. Vzhledem k rostoucí důležitosti moderních technologií v krizovém řízení je opodstatněné zvážit vyžadování typů SaP, tak aby jednotka bezpilotních systémů byla součástí odřadů. Tato změna by byla účelná s ohledem na flexibilitu vyslání bezpilotních prostředků pro řešení mimořádných událostí.

Bezpilotní prostředky AČR měly zásadní význam při monitorování požárních ohnisek, přičemž umožnily HZS mapovat rozsah požáru a vyhodnocovat aktuální situaci. Operátoři bezpilotních prostředků spolupracovali s HZS ČR při rozdělování úkolů, koordinaci zásahových činností a plánování dalšího postupu. Hlavním úkolem operátorů AČR bylo soustředěné úsilí průzkumu na systematické pokrytí celého národního parku i po uhašení požáru a následné monitorování postižené oblasti pro prevenci dalšího vzplanutí. Pro realizaci průzkumu byly připraveny dva typy bezpilotních prostředků, kvadrokoptéra Vážka A a RQ-11B Raven. V praxi byl nakonec nasazen pouze prostředek Vážka A, který disponoval funkcionalitou termálního zobrazování. Prostředek Raven nebyl nasazen z důvodu technické limitace nemožnosti udržení signálu v režimu Line of Sight a absencí termální kamery, která je klíčová pro detekci potenciálních ložisek doutnání.[14] Každý den operátoři disponovali aktuálními mapami s pozicemi aktivních ohnisek požáru. Analýza se soustředila především na lokalizaci míst s teplotou nad 75 °C, což je minimální hranice pro vznik požáru. Detekované GPS souřadnice ohniska požáru byly zjišťovány prostřednictvím konzole bezpilotního prostředku. Detekované ohnisko požáru pořízené bezpilotním prostředkem Vážka A lze vidět na obrázku 2 Tyto souřadnice následně zadal druhý operátor do aplikace mapy.cz a prostřednictvím aplikace WhatsApp poslal na krizový štáb HZS ČR. [14]



Obr. 2: Ohnisko požáru zobrazené na konzoli bezpilotního prostředku
Zdroj: [soukromý archiv příslušníka jednotky]

Celkem bylo vyhledáno 106 ohnisek, provedeno 478 letů a nalétáno 181 hodin.

Specifická omezení plnění úkolu byla vícečetná. Prvním z omezení byly technologické limity, kvadrokoptéra Vážka A není vybavena senzorem Zenmuse H20T srovnatelným např. s dronem DJI Matrice 300, který má vysoké rozlišení a širokoúhlou kameru pro denní i noční využití a libovolně interpretuje termální obraz, jenž využívaly jednotky HZS ČR. Dalším faktorem, který značně omezil operativní schopnosti, byla nedostatečná výbava operátorů AČR, kteří neměli k dispozici čtyřkolky, což značně ztěžovalo jejich pohyblivost v těžce přístupném terénu. Příslušníci jednotky používali pro přesuny vozidla Toyota, v případě nemožnosti projetí terénu vozidlem se přepravovali pěšky. Mobilita jednotky je klíčová pro plnění úkolu a její omezení může způsobit prodloužení doby reakce a ztížení koordinace činností. K nasazení navíc přispívaly náročné přírodní podmínky, které situaci dále komplikovaly. Dalším omezením byla i skutečnost, že se operátoři AČR v minulosti nesetkali s obdobným typem úkolu, tyto nedostatečné zkušenosti se mohou projevit na potřebě operátorů rychle se adaptovat na pro ně neznámé scénáře. Příslušníci jednotky jsou prioritně školeni pro zajišťování základního průzkumu pro velitele, zajišťování paleb z ručních a minometných zbraní a zjišťování informací o zájmovém prostoru. Školení operátorů probíhá v rámci rezortních kurzů a v rámci výrobce či dodavatele. [14]

Analyzované specifické omezení úkolu ukazují na klíčové faktory, které ovlivňovaly realizaci plnění úkolu. Tyto faktory mohou společně vést k nižší efektivitě plnění úkolu a prodloužení doby reakce, což poukazuje na potřebu optimalizace technologických, logistických a výcvikových procesů pro podobné nasazení v budoucnu. Pro zajištění lepších výsledků při plnění úkolů v podobných podmínkách v budoucnu je vhodné se zaměřit na několik následujících oblastí. Prvním krokem je vylepšení technické výbavy, což zahrnuje například pořízení kvalitních senzorů a kamer, které umožní lepší sběr a analýzu dat. Dále je nezbytné zajistit lepší mobilitu operátorů, což by mohlo zahrnovat poskytování vhodných vozidel, které umožní rychlejší pohyb i v těžce dostupných terénech. Třetí oblastí je zajištění specifického výcviku operátorů bezpilotních prostředků, který by se zaměřoval na neobvyklé a náročné podmínky, jako mohou být neznámé terény či situace, které vyžadují rychlou adaptaci. Specifický výcvik by bylo vhodné zaměřit na reálné nasazení v rámci IZS týkající se držení pohotovosti, spolupráce se Search and Rescue týmy a případná participace i na jiných mimořádných událostech.

ZÁVĚR

Lesní požáry představují stále rostoucí hrozbu pro životní prostředí, majetek i lidské zdraví. S nárůstem jejich četnosti je nezbytné neustále zlepšovat systémy prevence, monitorování a reakce na mimořádné události. Tento trend ukazuje, jak je důležité zavádět moderní technologie, které mohou zásadně zlepšit schopnost reagovat na tyto mimořádné události. Případ požáru v Národním parku České Švýcarsko v roce 2022 ukázal, jak klíčové je rychlé a koordinované nasazení SaP. Analýza nasazení bezpilotních prostředků při této mimořádné události odhalila jak silné stránky, tak i jejich omezení. V oblasti silných stránek je třeba zmínit schopnost kvadrokoptéra Vážka A při monitorování rozsahu požáru. I přes technologická omezení jejího vybavení, zejména v oblasti kvality termálních senzorů, umožnila tato kvadrokoptéra HZS ČR získat cenné informace o lokalizaci požárních ohnisek. Logistické výzvy, především nedostatečná mobilita operátorů v těžce dostupném terénu, se projeví při přímém nasazení bezpilotních prostředků. I přes to, že byly úkoly splněny, zlepšení mobility by umožnilo rychlejší přístup do těžce přístupných lokalit. Posledním doporučením pro zajištění účinnějšího nasazení bezpilotních prostředků při zvládání mimořádných situací je zajištění specifického výcviku operátorů. Ten by měl být zaměřen nejen na technické dovednosti v ovládání bezpilotních prostředků, ale i na adaptaci na specifické situace, jako jsou například požáry v lesních oblastech. Závěrem lze konstatovat, že i když nasazení bezpilotních prostředků AČR při požáru v Národním parku České Švýcarsko v roce 2022 přispělo k monitorování a koordinaci zásahových činností, odhalilo i několik oblastí, které vyžadují zlepšení.

Použitá literatura

- [1] Holusa, Jaroslav & Bercak, Roman & Lukášová, K. & Hanuška, Z. & Agh, Pooneh & Vaněk, Jan & Kula, Evelyne & Chromek, Ivan. (2018). Forest fires in the Czech Republic – definition and classification: Review. *Zpravy Lesnického Vyzkumu*. 63, s. 102-111.

- [2] *Statistická ročenka Hasičského záchranného sboru České republiky 2022* [cit. 2025-01-19].
- [3] *Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru*, Ministerstvo vnitra, částka 95, 2001.
- [4] FRANCL, Roman, 2007. Lesní požáry v České republice z pohledu hasičů. Online. *Lesnická práce*. Roč. 86, č. 8. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-08-07/lesni-pozary-v-ceske-republice-z-pohledu-hasicu>. [cit. 2024-12-01].
- [5] KLIMŠOVÁ, Věra, 2023. Riziko lesních požárů se zvyšuje. Online. In: *Živá univerzita*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Dostupné z: <https://zivauni.cz/riziko-lesnich-pozaru-se-zvysuje/>. [cit. 2024-12-01].
- [6] HON, Zdeněk; PATOČKA, Jiří a KARDA, Ladislav, 2010. Toxikologie lesních požárů. Online. *112*. Roč. 10., č. 2. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-ix-cislo-2-2010.aspx?q=Y2hudW09Mw%3D%3D>. [cit. 2024-12-01].
- [7] MAŘÁKOVÁ, Marie, 2012. Jak se vypořádáme s následky velkého požáru lesa na lokalitě Moravská Sahara u Bzence. Online. In: *Lesy České republiky, s. p.* Dostupné z: <https://lesy.cz/casopis-clanek/jak-se-vyporadame-s-nasledky-velkeho-pozaru-lesa-na-lokalite-moravska-sahara-u-bzence/>. [cit. 2024-03-11].
- [8] ŘEZÁČ, Jan. *V loňském roce hořelo v lesích nejvíce za posledních deset let*. Online. *Www.vulhm.cz*. 2023. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/v-lonskem-roce-horelo-v-lesich-nejvice-za-poslednich-deset-let/>. [cit. 2024-12-04].
- [9] *Časopis 112*. Online. 2023, roč. 2023, č. 5. 2023. Dostupné z: <https://www.hzscr.cz/clanek/casopis-112-rocnik-xxii-cislo-5-2023.aspx?q=Y2hudW09NQ%3d%3d>. [cit. 2024-12-04].
- [10] Zákon č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky, ze dne 13. července 1999. In: *Sbírka zákonů ČR*, 1999, částka 76.
- [11] Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému, ze dne 15. června 2000. In: *Sbírka zákonů ČR*, 2000, částka 73.
- [12] *Prezentace školení zástupců ORP*. Online. 2015. Dostupné z: https://pkr.kr-ustecky.cz/media/portal/prezentace_skoleni_obci2/7%29%20KVV%20-%20VYŽADOVÁNÍ%20ARMÁDY%20ČR.pdf. [cit. 2025-01-18].
- [13] *Pomůcka k vyžadování a nasazování sil a prostředků AČR*. 2022.
- [14] HRACHOVINA, David. *E-mailová komunikace*, 1. 12. 2024.
- [15] *Požár národního parku České Švýcarsko*. Online. Ústecký kraj, Hasičský záchranný sbor České republiky. 2022. Dostupné z: <https://hzscr.gov.cz/clanek/hzs-usteckeho-kraje-menu-informacni-servis-zpravodajstvi-2022-cervenec-pozar-narodniho-parku-ceske-svycarsko.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>. [cit. 2025-01-19].
- [16] *Záznam z jednání vlády České republiky dne 17.8.2022*, dostupné na odok.cz.
- [17] Zákon č. 221/1999 Sb., zákon o vojácích z povolání, ze dne 1.12.1999. In: *Sbírka zákonů ČR*, 1999, částka 76.

MODERNIZACE VÝCVIKU DĚLOSTŘELECTVA AČR POMOCÍ SIMULAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

MODERNIZATION OF ARTILLERY TRAINING IN THE CZECH ARMED FORCES USING SIMULATION TECHNOLOGIES

Daniel Korec¹, Martin Blaha²

Abstrakt

Článek se zabývá zhodnocením možností využití simulačních technologií, zejména virtuální reality (VR), rozšířené reality (AR) a umělé inteligence (AI), ve výcviku a operačním plánování dělostřelectva Armády České republiky (AČR). V článku je uveden základní popis současného stavu výcviku dělostřeleckých jednotek. Dále jsou zmíněny možnosti využití VR a AR technologií v zahraničních armádách NATO a popsány konkrétní simulační systémy vhodné pro výcvik dělostřelectva, společně s dalšími technologiemi nezbytnými pro jejich efektivní integraci do výcvikového procesu. V závěru je popsán potenciál, který zavedení těchto technologií představuje pro modernizaci dělostřelectva, přičemž jsou uvedeny výhody a nevýhody vyplývající z prvotní analýzy problematiky a definovány možnosti dalšího výzkumu a implementace.

Klíčová slova:

simulační technologie, dělostřelectvo, výcvik, systém, umělá inteligence

Abstract

The article evaluates the potential applications of simulation technologies, particularly virtual reality (VR), augmented reality (AR), and artificial intelligence (AI), in the training and operational planning of the Artillery of the Army of the Czech Republic (ACR). It provides a fundamental overview of the current state of artillery training, discussing existing methods and practices. Furthermore, it explores the utilization of VR and AR technologies in NATO allied forces and describes specific simulation systems suitable for artillery training, along with other technological solutions necessary for their effective integration into the training process. The concluding section outlines the potential impact of these technologies on the modernization of artillery forces, highlighting both advantages and limitations identified in the initial analysis of the issue. Finally, it defines opportunities for further research and implementation, emphasizing the future direction of integrating advanced simulation technologies into military training and operations.

Key words:

simulation technology, artillery, training, system, artificial intelligence

ÚVOD

Moderní technologie zásadně ovlivňují způsob, jakým lidé získávají znalosti, procvičují dovednosti a činí rozhodnutí v široké škále oblastí – od medicíny a průmyslové výroby až po krizové řízení a bezpečnostní složky. Mezi nejvýznamnější inovace současnosti patří virtuální realita (VR), rozšířená realita (AR) a mixovaná realita (MR), přičemž všechny tyto technologie mohou být podpořeny umělou inteligencí (AI).

Zavádění nových děl CAESAR, automatizovaného systému řízení palby ADLER a pracovišť řízení a koordinace palby TITUS nabízí řadu možností, jak využít zmíněné simulační technologie pro podporu dělostřeleckých činností a rozhodovacích procesů. V reálném výcvikovém prostředí je velmi obtížné realizovatelné nebo nepraktické reálně simulovat určité situace. Řešením mohou být právě tyto

¹ **npor. Ing. Daniel Korec**, Katedra palebné podpory, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, Brno, +420 734 370 727, daniel.korec@unob.cz

² **plk. gšt. doc. Ing. Mgr. Martin Blaha, Ph.D.**, Katedra palebné podpory, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, Brno, +420 973 443 456, martin.blaha@unob.cz

technologie, které lze relativně snadně přizpůsobovat specifickým výcvikovým potřebám. Poskytují uživatelům bezpečné prostředí pro výcvik, neboť mohou simulovat rizikové situace bez reálného ohrožení jejich zdraví a životů. Tyto technologie umožňují neomezené opakování výcvikových scénářů bez dalších nákladů na materiál, vozidla či logistiku. Využívání zmíněných moderních technologií může výrazně zvýšit efektivitu výcviku, jelikož vojáci mohou zdokonalovat své dovednosti se znatelně menšími náklady a nižším ekologickým zatížením z důvodu menší četnosti výcviku s reálnou bojovou technikou při zachování stejných výsledků. Simulační technologie představují klíčový nástroj i pro uchování a přenos odborných znalostí a zkušeností mezi generacemi vojáků. Tento aspekt nabývá na významu zejména v kontextu personálních změn v Armádě České republiky. Postupně začíná odcházet generace zkušených vojáků, kteří nastoupili do služby po zrušení povinné vojenské služby v roce 2004 [1].

Význam zavedení těchto technologií spočívá v zásadní změně přístupu k výcviku a rozhodovacím procesům prostřednictvím využití simulačních technologií. Schopnosti simulačních technologií přinesou uživatelům možnosti okamžité reakce na měnící se situace, což je klíčové pro rychlé a přesné rozhodování v dynamickém prostředí multidoménových operací (MDO). Schopnost přiblížit bojové podmínky, analyzovat data a optimalizovat postupy může výrazně přispět ke zrychlení a zkvalitnění odborné přípravy vojenského personálu.

1 SIMULAČNÍ TECHNOLOGIE

Virtuální realita (VR) poskytuje uživatelům zcela imerzivní digitální prostředí, ve kterém se mohou pohybovat a interagovat bez jakýchkoliv fyzických omezení. S využitím VR lze simulovat komplexní situace, které by v reálném světě byly příliš nákladné, nebezpečné nebo obtížné proveditelné. Uživatelé mohou procvičovat krizové scénáře, testovat různé strategie a přizpůsobovat své reakce dynamickým podmínkám simulovaného prostředí. Na rozdíl od VR rozšířená realita (AR) a mixovaná realita (MR) integrují digitální obsah přímo do reálného prostředí, čímž rozšiřují možnosti interakce a vizualizace informací. AR umožňuje překrývání digitálních prvků na reálný svět, což usnadňuje navigaci, diagnostiku či školení v terénu. MR posouvá tuto koncepci ještě dál tím, že umožňuje plnohodnotnou interakci mezi reálnými a digitálními objekty, čímž se otevírají nové možnosti například v oblasti technické údržby, spolupráce na dálku či modelování složitých operací. Umělá inteligence (AI) dále rozšiřuje potenciál těchto technologií tím, že automatizuje rozhodovací procesy, analyzuje velké množství dat a optimalizuje výkon simulací [1].

V rámci modernizace výcvikových procesů v Armádě České republiky hraje klíčovou roli Skupina simulačních a trenažérových technologií (SkSTT), která se systematicky zabývá vývojem a implementací simulačních a trenažérových technologií v oblasti vojenského vzdělávání, operační přípravy a experimentální činnosti. SkSTT vznikla v roce 2000 jako Národní centrum simulačních a trenažérových technologií a od té doby prošla několika organizačními změnami, přičemž neustále rozšiřuje své schopnosti a technologické zázemí. Jedním z hlavních úkolů SkSTT je zajištění prostředí a prostředků pro provádění cvičení s počítačovou podporou (Computer Assisted Exercise – CAX), a to nejen na národní úrovni, ale i v rámci mezinárodních vojenských cvičení organizovaných ve spolupráci se spojeneckými armádami NATO. Tato technologie umožňuje realistické simulace bojových operací, při nichž lze testovat rozhodovací procesy velitelů, řízení palby a koordinaci palebné podpory, a zároveň minimalizovat náklady a logistickou zátěž spojenou s fyzickými cvičeními. S využitím své infrastruktury a odborného zázemí SkSTT zajišťuje nejen přípravu vojenských profesionálů, ale také expertní podporu při vývoji nových doktrín, testování moderních zbraňových systémů a ověřování efektivit simulačních metod v rámci rozvoje AČR [2].

Aktuální výzvou při implementaci těchto technologií je jejich vysoká pořizovací cena a nutnost vybudování komplexní doprovodné infrastruktury, která umožní jejich využití v praktickém výcviku. Z tohoto důvodu se tento příspěvek primárně zaměřuje na technologie založené na komerčně dostupných řešeních, jež zjednodušují proces integrace těchto systémů a současně umožňují rozšíření výcviku na větší počet personálu, čímž se zvyšuje jeho efektivita a dostupnost.

1.1 SOUČASNÝ STAV SIMULAČNÍCH TECHNOLOGIÍ U DĚLOSTŘELECTVA

V odborné literatuře a vědeckých člancích není tato problematika ve veřejné sféře příliš rozpracována, jelikož výrobci a zadavatelé si ponechávají klíčové odborné znalosti, čímž se omezuje dostupnost podrobných informací o konkrétních aplikacích těchto technologií. Tato situace je obzvláště patrná v specializovaných oblastech, jako je dělostřelectvo, kde je implementace simulačních technologií dosud minimálně pospána. Tato skutečnost komplikuje možnost srovnání výcvikových přístupů mezi jednotlivými armádami a identifikaci osvědčených postupů pro implementaci těchto technologií v rámci palebné podpory, zejména v oblastech řízení palby, topograficko-geodetického zabezpečení a dělostřeleckého průzkumu.

Wei Yang et al. 2023 se zaměřují na využití virtuální reality (VR) jako nástroje pro hodnocení účinnosti palby námořního dělostřelectva. Studie prezentuje metodologii využívající VR k simulaci bojových scénářů, analýze trajektorií střel a posouzení dopadů zásahů na cíle. Autoři identifikují klíčové faktory ovlivňující účinnost palby, jako jsou úhel dopadu, typ munice a strukturální odolnost cíle, a modelují tyto faktory v simulačním prostředí. Studie zdůrazňuje, že VR umožňuje nejen vizualizaci účinků střelby v reálném čase, ale také opakovanou analýzu výsledků bez nutnosti skutečné munice. Hlavní přínosy této metody zahrnují zvýšenou bezpečnost, snížení nákladů na testování a možnost testování široké škály scénářů bez fyzického poškození vybavení. Závěr článku potvrzuje, že VR je účinným nástrojem nejen pro hodnocení účinnosti palby, ale i pro výcvik operátorů a optimalizaci bojových taktik, přičemž doporučuje další rozšíření výzkumu o prvky umělé inteligence (AI) a rozšířené reality (AR) pro ještě přesnější modelování bojových situací [3].

Mehmet Uğur Yavuz et. Al 2019 představují koncept zabývající se využitím rozšířené reality (AR) v oblasti stolní dělostřelecké simulace, která využívá chytré AR brýle k umístění simulovaného bojiště do reálného prostředí uživatele. Hlavním cílem projektu bylo vytvořit interaktivní balistickou simulaci, ve které hráč ovládá houfnici a zaměřuje cíle v prostředí simulovaném pomocí AR technologie. Hlavní prvky simulace zahrnují možnost volby různých typů munice, realistickou trajektorii střel a využití QR kódů pro sledování povrchu a orientace prostředí. Autoři se zaměřili na technologické aspekty AR, včetně využití výškových map reálného terénu, metod zajištění přesného umístění objektů v prostoru a problematiky sledování obrazu v reálném čase. Hra byla vyvinuta v Unity3D a testována na různých zařízeních, přičemž se objevily některé problémy s výkonem na chytrých AR brýlích, což vedlo k nutnosti zjednodušit modely objektů. V závěru autoři konstatují, že AR může být efektivní technologií pro vojenské simulace, umožňující kombinovat výhody týmového rozhodování s výpočetní silou moderních zařízení. Nicméně zdůrazňují potřebu dalšího vývoje, zejména v oblasti rozšíření typů cílů, zdokonalení destrukčních efektů a integrace umělé inteligence (AI) pro generování nepřátelských útoků. Navrhují také vylepšení AR mechanismu, například pomocí větších obrazových cílů, což by mohlo zvýšit realističnost simulace. Celkově práce potvrzuje potenciál AR nejen v herním průmyslu, ale i v širších aplikacích pro vojenský výcvik a taktické simulace [4].

Výzkum Romullo Girardi & Jauvane C. de Oliveira 2019 zaměřený na využití virtuální reality (VR) ve výcviku dělostřeleckých pozorovatelů brazilské armády potvrdil, že VR technologie představují efektivní a realistickou alternativu k tradičnímu výcviku, který je nákladný a prostorově omezený. Simulátor SAOA umožnil důstojníkům procvičovat klíčové dovednosti, jako je identifikace cílů, řízení palby a vyhodnocení zásahů, v bezpečném a opakovatelném prostředí. Testování na vzorku 13 zkušených dělostřeleckých důstojníků prokázalo výrazné zlepšení efektivity výcviku, kdy se průměrná doba potřebná k provedení palebné mise snížila o 11,3 % u statických cílů a o 26,7 % u dynamických cílů, přičemž se současně zvýšila přesnost zásahů o 66,7 % a 37,1 %. Pocit přítomnosti ve virtuálním prostředí byl nad referenčními hodnotami podobných studií, což potvrzuje realističnost simulace a její pozitivní dopad na rozhodovací procesy vojáků. Autoři studie doporučují další rozšíření simulátoru, včetně nasazení pokročilejších VR headsetů, jako je Oculus Rift a HTC Vive, a vytvoření modulárního VR výcvikového rámce, který by mohl být využit i v dalších oblastech vojenské přípravy. Tento výzkum jednoznačně potvrzuje vysoký potenciál VR technologií pro modernizaci vojenského výcviku a jejich přínos pro dělostřelecké operace v současném bojišti [5].

1.2 MOŽNÉ OBLASTI PRO IMPLEMENTACI

Využití simulačních technologií ve vojenském výcviku představuje klíčový nástroj pro modernizaci dělostřeleckého výcviku, přičemž umožňuje nejen efektivnější osvojování teoretických znalostí, ale také nácvik praktických dovedností v bezpečném a kontrolovaném prostředí. Dělostřelecké jednotky budou moc absolvovat nové možnosti tréninku. Tyto technologie nabízí široké spektrum aplikací, které lze rozdělit do čtyř vzájemně propojených klíčových oblastí:

1. Interaktivní modely techniky a vybavení
2. Simulace bojových a výcvikových situací
3. Plánování a činnost v simulačním prostředí
4. AI modul

1.2.1 INTERAKTIVNÍ MODEL Y TECHNIKY A VYBAVENÍ

Využití simulačních technologií umožňuje detailní interaktivní modelování vojenské techniky a vybavení, čímž poskytuje realistickou a dynamickou platformu pro účelový výcvik. Tyto technologie umožní vizualizovat strukturu a funkčnost zbraňových systémů s možností simulovat jejich údržbu a servisní postupy. Vytvoření 3D modelů zbraňových systémů, munice, topograficko-geodetického vybavení, průzkumných pozorovacích kompletů, meteorologických přístrojů a další podpůrné infrastruktury umožní detailní analýzu jednotlivých komponent, realistickou výuku v učebním prostředí a možnost interaktivního rozkladu a testování těchto modelů.

1.2.2 SIMULACE BOJOVÝCH A VÝCVIKOVÝCH SITUACÍ

Simulační technologie umožňují realistickou rekonstrukci bojových scénářů a výcvikových operací v kontrolovaném prostředí, kde lze modelovat různé operační situace. Tyto systémy poskytují vojákům možnost procvičovat reakce na krizové situace, zlepšovat koordinaci mezi jednotkami a rozvíjet taktické rozhodování v dynamických podmínkách [6]. S ohledem na stárnoucí personál AČR a s tím související problém s přenosem klíčových bojových zkušeností na novou generaci vojáků představují simulační technologie vhodný nástroj pro uchování a předávání těchto znalostí širšímu spektru personálu. Kromě toho by bylo možné využít spolupráci se zahraničními experty z armád NATO, kteří mají přímé bojové zkušenosti (například z ukrajinského konfliktu), čímž by došlo k předání aktuálních poznatků a osvědčených postupů v oblasti dělostřeleckých operací. Mezi klíčové přínosy těchto technologií patří zejména možnost opakovatelnosti scénářů, což umožňuje systematické zlepšování reakcí, rozhodovacích schopností a celkové připravenosti vojáků. Simulace bojových situací nejsou omezeny pouze na individuální výcvik, ale umožňují také nácvik koordinace mezi různými složkami ozbrojených sil v rámci komplexních operací. V současném bezpečnostním prostředí, které vyžaduje okamžitou adaptaci na rychle měnící se podmínky moderního bojiště, se jedná o nezbytnou součást moderního výcviku [7].

1.2.3 PLÁNOVÁNÍ A ČINNOST V SIMULAČNÍM PROSTŘEDÍ

Virtuální, rozšířená a mixovaná realita zásadně mění způsob operačního a strategického plánování v moderním vojenském prostředí. S využitím pokročilých simulačních nástrojů je možné modelovat reálné geografické oblasti, analyzovat bojovou situaci a testovat různé operační strategie ještě před jejich reálným nasazením. V prostředí moderního bojiště bude možné na velitelských stanovištích vizualizovat interaktivní 3D mapy, které budou reflektovat aktuální rozmístění jednotek a umožní detailní plánování a analýzu bojového průběhu v reálném čase. V případě propojení těchto technologií s drony lze získat přímý vizuální přenos z bojiště, což poskytne velitelům reálný vhled do aktuální situace a umožní rychlou adaptaci na dynamicky se měnící podmínky. Tvorba digitálních modelů bojiště zajišťuje velitelům vizuální přehled o terénu, rozmístění vlastních i nepřátelských sil a možnost simulace taktických manévřů. Pokud budou simulační systémy rozšířeny o historická bojová data a taktické varianty, bude možné předem predikovat pravděpodobný průběh boje a jeho dopad na celkový vývoj operace [7]. Do simulačního plánování lze navíc integrovat aktuální zpravodajská data, čímž se zvýší přesnost predikce možných hrozeb a scénářů vývoje situace. Plánování ve virtuálním prostředí tak významně přispívá k rychlejšímu rozhodování, minimalizaci rizik a optimalizaci operačních postupů. Jedním z klíčových aspektů plánování pomocí simulačních technologií je jejich schopnost propojení se stávajícími systémy velení, řízení palby a bojového managementu. Integrace do existující infrastruktury umožňuje rozšíření

schopností těchto systémů bez nutnosti jejich kompletního nahrazení. Například propojení se systémy řízení palby, balistickými kalkulačními nástroji nebo spojovacími prostředky rozšíří možnosti zobrazení taktických informací a zrychlí rozhodovací proces operátorů. Tento přístup povede k výraznému zvýšení bojové efektivity, lepší koordinaci mezi jednotkami a snížení rizika chyb v rozhodovacím procesu [8].

1.2.4 AI MODUL

Jedním z klíčových aspektů, který výrazně posune vývoj vizualizačních simulačních technologií, je využití AI modulu, jenž umožní analyzovat a optimalizovat rozhodovací procesy velitelů i jednotlivých vojáků. Integrace schopností AI modulu přinese možnost navrhovat účelovou přípravu personálu, predikovat rizika a sledovat klíčové faktory ovlivňující efektivitu rozhodování [9]. AI modul umožní detailní měření reakčních dob, úspěšnosti rozhodnutí a schopnosti adaptace na měnící se bojové podmínky. V případě propojení s biometrickými senzory bude možné sledovat zdravotní stav vojáků během simulací, což umožní vyhodnocovat stresové faktory, kognitivní zátěž a úroveň mentální únavy. Analýza efektivity výcviku tak bude mnohem přesnější, jelikož bude možné porovnávat výkon jednotlivců před a po absolvování simulací, čímž se zajistí objektivní vyhodnocení přínosu těchto technologií. Změřená data bude možné uchovávat a využít pro následnou optimalizaci přípravy personálu, čímž se dlouhodobě zlepší kvalita výcviku a celková připravenost ozbrojených sil [10].

Na základě zmíněných aspektů je možné považovat integraci AI za klíčový evoluční krok, kromě těchto přínosů představuje využití umělé inteligence ve vizualizačních simulačních technologiích další vývoj v oblasti vojenského výcviku a operačního plánování. Rozšíření AI modulu prostřednictvím zakomponování virtuálního AI asistenta jako automatizovaného poradce umožní pokročilou analýzu dat, predikci vývoje situace a poskytne velitelům i vojákům klíčová doporučení. S jeho pomocí bude možné dynamicky upravovat výcvikových scénářů na základě výkonu uživatele. Bude schopen predikovat chování nepřítele a následně ho simulovat v různých variantách vývoje boje. AI asistent podpoří analýzu a plánování operací, například prostřednictvím rychlé analýzy terénu, logistických potřeb nebo rozmístění jednotek. V neposlední řadě umožní automatizovanou detekci chyb v rozhodovacím procesu a návrh možných zlepšení, což povede ke zvýšení efektivity rozhodování na všech úrovních velení. Například v oblasti řízení palby, kdy bude integrován do automatizovaného systému řízení palby by mohl částečně nahradit současné automatické výpočtové algoritmy, přičemž by v případě závad hlavních systémů dokázal ručně dopočítat palebné prvky a rovněž i zajistit kontrolu nad automatizovanými systémy [11]. Tento prvek by zlepšil odolnost dělostřeleckých jednotek v případě výpadku klíčových systémů.

Využití AI ve vojenském prostředí, zejména v kombinaci s VR, AR a MR, otevírá širokou škálu aplikací a možností nahrazení současných procesů, přičemž přináší vyšší efektivitu, adaptabilitu a přesnost v bojových i výcvikových podmínkách.

2 TVORBA VR/AR DĚLOSTŘELECKÉHO SIMULÁTORU

Na základě výše definovaných perspektivních oblastí bylo navrženo prvotní řešení simulační aplikace, která v současné době umožňuje vytváření základních scénářů a vizualizaci nepřátelských cílů. Tyto cíle lze následně identifikovat a zaznamenávat k nim pozorovací údaje, což umožňuje jejich přesné sledování a vyhodnocení v rámci simulovaného prostředí.

Takzvaný dělostřelecký simulátor představuje softwarové řešení určené k simulaci dělostřeleckých cílů v reálném i virtuálním prostředí. Jeho modulární architektura umožňuje propojení mezi uživatelskými aplikacemi, backendovým systémem a sítovou infrastrukturou, čímž zajišťuje realistickou simulaci bojových situací, optimalizaci výcvikových procesů a sběr relevantních dat pro analytické účely.

Systém se skládá ze dvou hlavních aplikací – řídicího modulu (Control Application) a polního modulu (Field Module), které jsou podporovány backendovým a sítovým modulem. Řídicí modul je určen k správě simulovaných scénářů, nastavování cílů a analýze dat, zatímco polní modul umožňuje interakci s virtuálním prostředím pomocí mobilních zařízení a VR headsetů. Backendový modul zabezpečuje správu datových zdrojů, synchronizaci mezi klientskými aplikacemi a implementaci pravidel pro řízení simulací, přičemž sítový modul zajišťuje real-time komunikaci mezi komponentami systému prostřednictvím protokolu Socket.IO. Implementace simulátoru využívá technologie pro vykreslování

terénu a objektů v reálném čase, přičemž klíčovou roli zde hrají Mapbox Unity Plugin pro 3D mapová data, glTFast Plugin pro načítání modelů v glTF/glb formátu a DracoUnity Plugin pro optimalizaci přenosu velkých datových souborů. Tyto technologie umožňují správu výpočetních zdrojů, což je zvláště důležité pro mobilní platformy s omezeným výpočetním výkonem. Polní modul integruje rozšířenou realitu a virtuální realitu, což umožňuje simulaci interaktivního bojiště v kombinaci s reálným prostředím. Pro sledování polohy a interakci s prostředím jsou využívány Apple's ARKit a Meta's Core SDK, přičemž uživatelé mohou přecházet mezi navigací v simulovaném prostředí na mobilním zařízení a AR/VR interakcí v plně imerzním režimu.

2.1 TECHNOLOGICKÉ VÝZVY A IMPLEMENTOVANÁ ŘEŠENÍ

Během vývoje simulátoru bylo identifikováno několik klíčových problémů, které ovlivňovaly přesnost lokalizace, stabilitu komunikace a optimalizaci výpočetních procesů.

Prvním zásadním problémem byla nepřesnost GPS, která je zásadní pro správné umístění cílů a trajektorií střelby. Bylo zjištěno, že standardní GPS moduly mobilních zařízení vykazují odchylky, což negativně ovlivňovalo přesnost simulace. Řešení spočívalo v jednorázovém měření polohy při vstupu do AR režimu namísto kontinuálního sledování, čímž se minimalizoval vliv šumu. Dalším problémem byla vertikální nepřesnost údajů o nadmořské výšce, kde hodnoty poskytované Unity's Location API vykazovaly chyby až 10 metrů. Tento problém byl odstraněn implementací Mapbox's Raster Tile API, které umožňuje vysoce přesné výškové měření zakódované v barevných kanálech mapových textur. Nedostatečná podpora kompasu v zařízení Meta Quest 3 vedla k nutnosti externí synchronizace orientace pomocí mobilního telefonu, což vyžadovalo vybudování nového komunikačního protokolu mezi mobilním zařízením a VR headsetem. Původní lokální síťové propojení bylo rovněž problematické, jelikož hotspotové připojení způsobovalo nestabilitu spojení. Pro zajištění konzistence dat byla proto komunikace přeměrována na backend server, čímž došlo k výraznému zvýšení spolehlivosti přenosu. Významným aspektem byla také implementace optických zaměřovačů a dálkoměru, přičemž bylo nutné vytvořit monoskopický rendering, který simuluje skutečná optická zařízení. Zvětšení bylo řešeno využitím hardwarových ovládacích prvků VR headsetu, přičemž bylo zjištěno, že nejvhodnějším řešením je přizpůsobení přiblížení pomocí tlačítek hlasitosti. Konečnou výzvou byla automatická úprava výšky cílů a objektů v prostředí, kde docházelo ke geometrickým nesrovnalostem mezi skutečným a simulovaným terénem. Tento problém byl vyřešen automatickou kalibrací modelů podle výškových map, což zajistilo konzistenci mezi reálným a virtuálním prostředím.

Simulátor představuje technologické řešení pro výcvik dělostřeleckých pozorovatelů, které efektivně propojuje VR, AR a síťové technologie k simulaci reálných bojových podmínek. Modulární architektura umožňuje flexibilní rozšiřitelnost a přizpůsobení specifickým požadavkům ozbrojených sil, zatímco pokročilé algoritmy pro lokalizaci a zpracování terénních dat zajišťují vysokou míru realističnosti simulace. Navzdory identifikovaným technologickým výzvám se podařilo vytvořit simulační prostředí, které splňuje nároky na přesnost, stabilitu a efektivitu výcviku. Budoucí rozšíření simulátoru by mohlo zahrnovat 3D modely vojenské techniky a vybavení, implementaci umělé inteligence, hodnocenou výcvikovou simulaci, pokročilé modely terénní interakce.

ZÁVĚR

Simulační technologie, zahrnující VR, AR, MR a AI, představují významný nástroj pro modernizaci dělostřeleckého výcviku a operačního plánování v Armádě České republiky. Jejich implementace umožňuje realistickou simulaci bojových operací, optimalizaci výcvikových procesů a zvýšení efektivity rozhodování v multidoménových operacích.

Výzkum potvrzuje, že VR poskytuje bezpečné a flexibilní prostředí pro výcvik a analýzu palebných misí, zatímco AR a MR umožňuje interaktivní vizualizaci taktických informací a modelování scénářů v reálném prostředí. AI pak rozšiřuje schopnosti těchto systémů prostřednictvím automatizované analýzy dat, adaptivních tréninkových modulů a prediktivního modelování bojových situací. Vybudování efektivní infrastruktury pro využití těchto technologií představuje výzvu, především z hlediska pořizovacích nákladů a technické integrace s existujícími systémy řízení palby, velení a bojového managementu.

Navzdory těmto překážkám vývoj a nasazení specializovaných simulačních aplikací, jako je VR/AR dělostřelecký simulátor, otevírá nové možnosti pro zlepšení výcviku.

Navržený simulační systém s modulární architekturou, technologiemi pro vykreslování terénu a sledování objektů umožňuje realistickou simulaci pro dělostřelecké pozorovatele. Řešení technologických výzev, jako jsou nepřesnosti GPS, synchronizace mezi zařízeními nebo optimalizace výpočtového výkonu, přispělo k vytvoření stabilního výcvikového prostředí. Do budoucna je klíčové pokračovat v rozvoji těchto technologií, rozšířit možnosti jejich využití a zlepšit interoperabilitu se spojeneckými armádami NATO.

Použitá literatura

- [1] GRUNTOVÁ, Kateřina. Přibývá vojáků s nárokem na výsluhu. Letos svléklo uniformu nejvíc lidí za posledních 10 let. Online. *iRozhlas*. 2024. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/armada-nabor-vysluha-odchod-vojak_2411031302_gut.
- [2] CHADRABA, Lukáš. VR, AR, MR design. Online. *Design (DEV)*. 2025. Dostupné z: <https://designdev.cz/navrh-vr-ar-mr>.
- [3] MINISTERSTVO OBRANY ČR. *Skupina simulačních a trenažérových technologií*. Online. 2004-2025. Dostupné z: <https://csstt.mo.gov.cz/>.
- [4] YANG, Wei; ZHONG, Wei; ZHANG, Liang a JIANG, Yueqiu. A Virtual Reality Approach to the Assessment of Damage Effectiveness of Naval Artillery Ammunition Against Unmanned Surface Vessels. Online. *IEEE Access*. 2023, roč. 11, s. 93500-93510. ISSN 2169-3536. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3310214>.
- [5] YAVUZ, Mehmet Ugur; SAYAR, Ridvan; YILMAZ, Bilge; BOSTANCI, Erkan; GUZEL, Mehmet Serdar et al. Desktop Artillery Simulation Using Augmented Reality. Online. In: *2019 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*. IEEE, 2019, s. 79-85. ISBN 978-1-7281-3910-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICEEE2019.2019.00023>.
- [6] GIRARDI, Romullo a DE OLIVEIRA, Jauvane C. Virtual Reality in Army Artillery Observer Training. Online. In: *2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. IEEE, 2019, s. 25-33. ISBN 978-1-7281-5434-3. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/SVR.2019.00021>.
- [7] YAVUZ, Mehmet Ugur; SAYAR, Ridvan; YILMAZ, Bilge; BOSTANCI, Erkan; GUZEL, Mehmet Serdar et al. Desktop Artillery Simulation Using Augmented Reality. Online. In: *2019 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)*. IEEE, 2019, s. 79-85. ISBN 978-1-7281-3910-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICEEE2019.2019.00023>.
- [8] PEKAŘ, Ondřej; ŠLOUF, Vlastimil; ŠOTNAR, Jiří; POTUŽÁK, Ladislav a HAVLÍK, Tomáš. War Game as a Method of Training, as a Method of Analysis. Online. *European Conference on Games Based Learning*. 2022, roč. 16, č. 1, s. 651-654. ISSN 2049-100X. Dostupné z: <https://doi.org/10.34190/ecgbl.16.1.656>.
- [9] HAVLÍK, Tomáš; ŠUSTR, Michal; IVAN, Jan; PEKAŘ, Ondřej a MUŠINKA, Miroslav. Evaluation of the effectiveness of a firing battery in self-defense and protection in the area of firing positions using constructive simulation. Online. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*. ISSN 1548-5129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/15485129241291579>.
- [10] BRONDANI, Juliana R.; SILVA, Luis A. L.; RUTZIG, Mateus B.; POZZER, Cesar T.; NUNES, Raul C. et al. Semi-Autonomous Navigation for Virtual Tactical Simulations in the Military Domain. Online. In: *Proceedings of 8th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*. SCITEPRESS – Science and Technology Publications, 2018, s. 443-450. ISBN 978-989-758-323-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.5220/0006863104430450>.

- [11] FAN, Yun-Chieh a WEN, Chih-Yu. A Virtual Reality Soldier Simulator with Body Area Networks for Team Training. Online. *Sensors*. 2019, roč. 19, č. 3. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s19030451>.
- [12] IVAN, Jan; BLAHA, Martin; ŠUSTR, Michal a HAVLÍK, Tomáš. Evaluation of Possible Approaches to Meteorological Techniques of Artillery Manual Gunnery after the Adoption of Automated Fire Control System. Online. *Vojenské rozhledy*. 2021, roč. 30, č. 3, s. 075-096. ISSN 12103292. Dostupné z: <https://doi.org/10.3849/2336-2995.30.2021.03.075-096>.

MOŽNOSTI MODERNIZACE VÝCVIKU ZA POMOCI SIMULAČNÍCH TECHNOLOGIÍ V AČR

POSSIBILITIES OF MODERNISING TRAINING USING SIMULATION TECHNOLOGIES IN THE CZECH ARMED FORCES

Josef KRÍŽ¹

Abstrakt

Tento článek se zaměřuje na současný stav, omezení a možnosti modernizace simulačních technologií používaných pro výcvik na Skupině simulačních a trenažérových technologií ve Vyškově. Stávající limity jsou porovnávány s možnostmi moderních technologií a softwaru, zejména v oblasti her a simulátorů ve virtuální realitě, které zaznamenávají rapidní vývoj. Na základě tohoto porovnání jsou identifikovány nejvýraznější slabiny aktuálně používaných technologií v kontextu výcviku jednotlivce a menších taktických jednotek. Článek dále prezentuje výběr a popis simulátorů, které mají potenciál tyto identifikované nedostatky eliminovat a které jsou již v současnosti používány v jiných armádách.

Klíčová slova:

simulační technologie, vojenský výcvik, virtuální realita

Abstract

This article focuses on the current status, limitations and opportunities for upgrading of simulation technologies used for training at the Simulation and Simulator Technology Group in Vyškov. The existing limitations are compared with the capabilities of modern technologies and software, especially in the field of games and virtual reality simulators, which are experiencing rapid development. On the basis of this comparison, the most significant weaknesses of the currently used technologies in the context of individual and small tactical unit training are identified. The paper also presents a selection and description of simulators that have the potential to eliminate these identified weaknesses and that are already in use in other militaries.

Key words:

simulation technology, military training, virtual reality

ÚVOD

Skupina simulačních a trenažérových technologií ve Vyškově hraje klíčovou roli ve výcviku vojáků Armády České republiky. Současné simulační technologie, ačkoliv funkční, narážejí na limity dané technologickými omezeními hardware a software, který je dle druhu, starý několik let nebo i dekad. Tento článek se noří do problematiky srovnání stávajícího stavu výcvikových simulací s moderními trendy, zejména s prudce se rozvíjející oblastí virtuální reality a herních enginů. Zatímco komerční sektor těží z inovací v oblasti grafiky, interaktivity a realismu, vojenský výcvik v některých oblastech zaostává. Identifikujeme nejpalčivější nedostatky současných technologií, a to primárně v kontextu výcviku jednotlivce a malých taktických jednotek. Na základě analýzy moderních přístupů a srovnání s praxí v jiných armádách světa, následně představíme potenciální řešení – simulátory, které mají sílu posunout výcvik ve Vyškově na novou úroveň efektivity a realismu.

¹ Ing. Josef Kríž, Katedra vojenské robotiky, Univerzita obrany, josef.kriz@unob.cz

1 SIMULÁTORY V ARMÁDÁCH NATO

Armády členských států NATO využívají širokou škálu simulátorů pro výcvik vojáků, plánování misí a analýzu operací. Mezi nejrozšířenější typy simulátorů patří živá simulace, virtuální simulace a konstruktivní simulace.

Důležitou roli v oblasti modelování a simulace v NATO hraje NATO Modelling and Simulation Centre of Excellence v Římě. Centrum poskytuje alianci rozsáhlé zkušenosti a vedení v oblasti bojových i nebojových rolí. Zaměřuje se na výcvik, sdílení znalostí a osvědčené postupy v oblasti modelování a simulace. Centrum aktivně podporuje inovace a spolupráci mezi vojenskými, akademickými a průmyslovými subjekty, a to i prostřednictvím pořádání konferencí a fór, jako jsou CA2X2 a MESAS. Dále pracuje na nové generaci programů pro modelování a simulaci a hraje zásadní roli v adaptaci NATO na současné i budoucí bezpečnostní hrozby [1].

NATO se také aktivně podílí na vývoji standardů pro živou simulaci. Světové společné a kombinované vojenské operace zvyšují požadavky na reálný výcvik. NATO tak v rámci projektu Live Simulation Standards (LSS) představuje soubor standardů, které umožní použití systémů pro simulaci v reálném čase od různých dodavatelů v jedné výcvikové oblasti, a to bez nutnosti zasahovat do návrhu systému. Dále by měla být možná integrace s virtuálními a konstruktivními simulačními systémy a systémy C2 (velení a řízení) pomocí příslušných standardů. Byly identifikovány požadavky na sadu otevřených mezinárodních standardů pro interoperabilitu systémů pro simulaci v reálném čase v mezinárodním výcvikovém prostředí [2].

Výhody simulátorů:

- Bezpečnost: Simulátory umožňují vojákům procvičovat si dovednosti v bezpečném prostředí.
- Úspora nákladů: Simulátory mohou a většinou jsou znatelně levnější než reálný výcvik, zejména v případě drahé techniky, jako jsou letadla nebo tanky, které mají vysokou spotřebu paliva, a i jejich servis je velice nákladný.
- Flexibilita: Simulátory umožňují vytvářet různé scénáře a prostředí, které by v reálném světě nebylo možné simulovat.
- Objektivní měření pokroku: Simulátory umožňují objektivně měřit pokrok vojáků a identifikovat oblasti, ve kterých je potřeba zlepšení.

Nevýhody simulátorů:

- Omezený realismus: Simulátory nemohou vždy plně simulovat realitu boje, ačkoliv technologie se neustále vyvíjejí a realismus simulátorů se zvyšuje.
- Náklady na vývoj a údržbu: Vývoj a údržba simulátorů může být nákladná, zejména u komplexních systémů s pokročilou technologií – je proto nutné vývoj simulátorů zvážit s ohledem na jeho cenu a budoucí vytiženost a úspory oproti výcviku prováděnému bez něj.
- Potřeba specializovaného personálu: Pro obsluhu a údržbu simulátorů je potřeba specializovaný personál s technickými znalostmi a dovednostmi, což znamená dodatečné náklady – i zde je nutné zvážit přínos daného simulátoru oproti výcviku bez něj.
- Fragmentované výcvikové prostředí: V současnosti existuje problém s nekompatibilitou různých simulačních systémů. Případně je kompatibilita omezena a má dopad na kvalitu výcviku. To ztěžuje plynulý přechod mezi různými scénáři a koordinaci společných operací.
- Omezená škálovatelnost a flexibilita: Tradiční simulační programy mají omezenou kapacitu a je obtížné je přizpůsobovat novým hrozbám a operačním potřebám. Například na SkSTT není do nynějška možné přidat do simulace dron, protože v době vývoje tohoto simulátoru se drony jednoduše nepoužívaly. Nyní by bylo velice nákladné a zdlouhavé jej do simulátoru přidat.
- Problémy s generováním terénu: Vytvoření realistického terénu pro simulace je náročné a vyžaduje přesná data a efektivní nástroje pro správu a synchronizaci terénních dat. Terény je potřeba připravit dle simulátoru s určitou přesností, automatický proces je jen částečný, je potřebná kontrola člověkem a následná manuální úprava.

- Ukládání a úprava dat: U rozsáhlých simulací je problematické ukládání, úprava a synchronizace dat, což klade vysoké nároky na hardware i personál.

1.1 OBECNÉ ROZDĚLENÍ SIMULÁTORŮ V ARMÁDÁCH NATO

Tento článek se zabývá Virtuální simulací, pro úplnost je zde uvedeno rozdělení simulátorů, které se používá v armádách NATO.

1.1.1 ŽIVÁ SIMULACE

Tento typ simulace zahrnuje použití reálné vojenské techniky a zbraní v simulovaném bojovém prostředí. Příkladem je taktický soubojový simulátor od firmy SAAB, který využívá systém senzorů a laserových signálů pro simulaci střelby a zranění. Systém je kompatibilní se standardy NATO a umožňuje výcvik až 300 vojáků najednou. Historie živé simulace v Armádě České republiky sahá až do roku 2002, kdy byl zaveden systém MILES od americké firmy Lockheed Martin [3].

1.1.2 VIRTUÁLNÍ SIMULACE

Virtuální simulátory vytvářejí počítačově generované prostředí, ve kterém vojáci interagují s virtuálními objekty a protivníky. V této oblasti se v nynější době odehrává nejrychlejší vývoj. Typickým příkladem je simulátor Virtual Battle Space od Bohemia Interactive Simulations, který umožňuje simulaci bojových operací v různých prostředích a s různými typy zbraní [4].

1.1.3 KONSTRUKTIVNÍ SIMULACE

Konstruktivní simulace se zaměřují na modelování a analýzu vojenských operací na strategické a operační úrovni. Využívají se pro plánování misí, analýzu rizik a vyhodnocování efektivity vojenských strategií, případně nově zaváděných vojenských technologií. V oblasti konstruktivní simulace je vývoj obecně nejpomalejší, nicméně nově by mohla být revolucí implementace umělé inteligence [5].

1.2 KONKRÉTNÍ VOJENSKÉ SIMULÁTORY

V armádách NATO využívá každá armáda různé druhy simulátorů, jenž se za poslední roky snaží propojit právě standardy vytvořené v rámci LSS. Nicméně vzhledem k tomu, že každá země používá jinou techniku a jiné organizační struktury, je tím dána i různá potřeba simulátorů určených pro výcvik těchto vojenských jednotek.

Mezi konkrétní příklady nejdůležitějších simulátorů používaných v armádách NATO patří:

1.2.1 SIMULÁTOR F-35

Tento simulátor slouží k výcviku pilotů a posádek letadel a řadí se mezi virtuální simulátory. Simuluje kokpit letadla nového stíhacího letounu F-35 a umožňuje pilotům procvičovat si letové manévry, navigaci a použití zbraňových systémů. Vzhledem k nákupu tohoto typu stíhacího letounu Českou republikou, se dá předpokládat zavedení tohoto simulátoru i do AČR, kde se o finální úpravy pravděpodobně bude starat firma VR Group ve spolupráci s výrobcem letounu, americkou firmou Lockheed Martin.

1.2.2 VIRTUAL BATTLE SPACE 4 (VBS4)

VBS4 (Virtual Battlespace 4) od Bohemia Interactive Simulations (BISim) je komplexní desktopový trenažér a simulátor pro taktický výcvik, experimentování a přípravu misí. Je to virtuální simulátor nyní i s možností konstruktivní simulace. Nabízí celý virtuální svět pro simulaci téměř jakéhokoli vojenského scénáře, včetně kombinovaných operací na zemi, na moři i ve vzduchu. Klíčové vlastnosti zahrnují: vysoce detailní a rozsáhlé mapy celého světa založené na reálných geografických datech, realistickou fyziku, pokročilou umělou inteligenci pro simulaci chování jednotek a civilistů, širokou škálu vojenské techniky a zbraní, nástroje pro tvorbu a editaci scénářů, a možnost propojení s jinými simulátory

a trenažéry (např. v rámci konceptu LVC). VBS4 je flexibilní platforma využitelná jak pro individuální výcvik, tak pro rozsáhlá cvičení na úrovni velitelství. Dále obsahuje VBS Geo, což je nástroj pro procedurální generování terénů. Mimo to je zde implementována možnost dronových útoků, pokročilá umělá inteligence pro chování jednotek, včetně přenášení informací v reálném čase mezi strukturami velení. Do jisté míry je implementována i možnost virtuální reality, kdy lze s nasazenými brýlemi řídit vozidla, nicméně ovládací prvky neodpovídají konkrétním typům techniky a jsou dosti zjednodušené [6].



Obr. 1 Ukázka vizuálního výstupu simulátoru VBS4
Zdroj: [6]

1.2.3 VIRTRA V-300 MILITARY SIMULATIONS

Příslušníci 10. skupiny speciálních sil (výsadkové) (10th SFG(A)) využívají simulační software VirTra pro výcvik střelby a taktického rozhodování. Radí se k virtuálním simulátorům. VirTra, pokročilejší verze armádního Engagement Skills Trainer (EST), nabízí přizpůsobitelné scénáře (aktivní hrozba, rukojmí atd.) s využitím prvků umělé inteligence, které reagují na rozhodnutí uživatele. Simulátor není postaven na technologii virtuální reality (VR), jak ji známe z komerčního prostředí, ale cvičící přenáší do virtuálního světa jeho obklopením velkými promítacími plátny. Před samotnou střelbou vojáci absolvují fyzickou zátěž pro simulaci stresu. Výhodou je možnost trénovat bez spotřeby munice a kdykoliv, což zvyšuje efektivitu výcviku a zlepšuje střelecké dovednosti. 10. SFG(A) je jedinou skupinou speciálních sil v americké armádě s plným přístupem k této technologii. Cílem je zvýšení letality vojáků skrz neustálé opakování základních dovedností [7].



Obr. 2 Prostředí VirTra Simulátoru
Zdroj: [7]

1.2.4 V-ARMED

Další z virtuálních simulátorů poskytuje komplexní výcvik ve VR pro policejní složky, armádu a záchranné služby. Specializuje se na vývoj přizpůsobitelných VR výcvikových simulátorů pro více osob a s více rekvizitami, které jsou navrženy přesně podle potřeb cvičících. Klade důraz na měřitelnost tréninku, a proto nabízí pokročilý software pro následné hodnocení (after-action review), nástroje pro tvorbu vlastních scénářů a metodiku tréninku, která vrací kontrolu do rukou instruktorů. Cílem je poskytnout efektivní a měřitelný výcvik s maximální psychologickou a vizuální věrností, což se mu daří právě díky využití state of the art technologií nejen pro vizualizaci, ale i přenosu pohybů cvičících do VR spojených s využitím reálných replik zbraní a prostředí. Týmy cvičících jednotek se tak pohybují ve hmatatelném prostředí, ale vidí prostředí virtuální, které na ně realisticky reaguje [8].



Obr. 3 Prostředí V-armed Simulátoru

Zdroj: [8]

2 SKUPINA SIMULAČNÍCH A TŘENAŽÉROVÝCH TECHNOLOGIÍ

Středisko simulačních a trenažérových technologií (SkSTT) představuje klíčové výcvikové zařízení Armády České republiky (AČR) s primárním zaměřením na aplikaci simulačních technologií. V roce 2023 prošlo výcvikem v SkSTT 5351 osob, zahrnujících nejen příslušníky ozbrojených sil, ale také složky Integrovaného záchranného systému (IZS), zejména Hasičského záchranného sboru. V roce 2024 dosáhl počet cvičících 3750 osob. Rok 2023 byl rušný především díky znovu otevření centra po přesunu části, která dříve sídlila v Brně. Z uvedených dat vyplývá vysoká intenzita využívání SkSTT a jeho význam pro široké spektrum příslušníků AČR a IZS. Z tohoto důvodu je kladen důraz na kvalitu a efektivitu poskytovaného výcviku s cílem dosáhnout požadovaných výsledků a zároveň zajistit motivaci cvičících. Implementace technologií virtuální reality (VR) tak představuje potenciální nástroj pro zkvalitnění výcvikového procesu a zvýšení jeho atraktivity, a to zejména pro mladší generaci, která má k VR blízko díky zkušenostem s počítačovými hrami. V rámci rozhovoru s příslušníky Skupiny simulačních a trenažérových technologií jsou identifikovány ty nejdůležitější problémy v nynějšku používaného softwarového a technického vybavení pro výcvik vojáků AČR [8].

2.1 VIRTUÁLNÍ SIMULÁTOR DRUHÉHO TYPU (VS-II)

Virtuální simulátor druhého typu (VS-II) je klíčovou komponentou Rotního taktického simulátoru (RTS). Primárním účelem VS-II je poskytnout platformu pro výcvik jednotek v rozsahu družstva, čety a roty v

oblasti taktických dovedností, komunikace a standardních operačních postupů. Simulátor dále umožňuje velitelům zdokonalovat se v procesu velení a řízení (C2) [8].

Interakce s VS-II je realizována prostřednictvím rozhraní zahrnujícího dotykové monitory, tablety, joysticky a volant s řadicí pákou a pedály. Ačkoliv se toto ovládací schéma liší od reálného ovládání techniky a zbraňových systémů, je shledáváno dostatečným pro naplnění výcvikových cílů simulátoru. Pro zvýšení imerze a realističnosti simulace by bylo dle příslušníků SkSTT vhodné zvážit integraci prvků virtuální reality. Objektivní posouzení rozdílu mezi ovládáním simulátoru a realitou sice není proveditelná, nicméně subjektivní hodnocení cvičících i příslušníků SkSTT ukazuje sice na dostatečnou úroveň pro zabezpečení požadovaných funkcí simulátoru, nicméně s velkým prostorem pro možná vylepšení. Neméně důležitá je potom vizuální stránka simulačního software, která je zastaralá a srovnatelná s počítačovými hrami z přelomu tisíciletí, což přináší řadu dopadů na kvalitu výcviku [8].



Obr. 4 3D prostředí Virtuálního Simulátoru prvního typu (VS-I)
Zdroj: [8]

2.2 VIRTUÁLNÍ SIMULÁTOR PRVNÍHO TYPU (VS-I)

Simulátory jsou koncipovány pro základní a pokročilý výcvik osádek, zahrnující řidiče, střelce-operátory a velitele. Primárním cílem je výcvik v ovládání bojových vozidel (KBVP, BVP-2 a T-72M4Cz) v kontextu bojových operací a součinnosti v rámci bojových jednotek (družstvo, četa, rota). Simulátory efektivně nahrazují reálný výcvik osádek a vytvářejí podmínky srovnatelné s výcvikem ve skutečném bojovém vozidle [8].

Simulátory věrně reprodukuje specifické vlastnosti a parametry bojových vozidel, včetně omezeného vnitřního prostoru, rozmístění ovládacích a komunikačních prvků, a zaměřovacích a pozorovacích přístrojů. Simulátory jsou vestavěné do reálných fyzických modelů simulovaných bojových vozidel a tanků. Ačkoliv jsou některé funkce a ovládací prvky implementovány ve zjednodušené formě (repliky), tato skutečnost nemá negativní dopad na kvalitu prováděného výcviku osádek. Zde tedy spíše než věrnost ovládání, lze vytknout vysokou pořizovací cenu a náročnost na prostor a provoz jednotlivých simulátorů. Modifikovatelnost je také nízká, jak fyzická schránka simulátoru, tak ovládací prvky i hardware a software musí být vytvořeny přímo na konkrétní druh vozidla. V poslední řadě potom lze vytknout zastaralost vizuálního engine, který je stejný jako u VS-II [8].



Obr. 5 Virtuální Simulátor prvního typu (VS-I)
Zdroj: [8]

2.3 SMALL ARMS VIRTUAL INDOOR TRAINER (SAVIT)

V češtině – Simulátor střelby z malých ručních zbraní, je optoelektronický trenažér, určený pro nácvik střelby z ručních zbraní v prostředí virtuální reality. Systém využívá repliky reálných zbraní a eliminuje potřebu ostré munice. Konfigurace simulátoru umožňuje výcvik ve střelbě z ručních zbraní a simulaci taktických situací za denních i nočních podmínek. Trenažér SAVIT věrně simuluje chování, balistické vlastnosti a parametry reálných zbraní a umožňuje tak efektivní výcvik v oblastech detekce, identifikace, zaměřování cílů a vedení palby. Systém je vybaven databází terčových situací dle metodiky Vševojsk-4-2 a knihovnou předdefinovaných taktických scénářů. Umožňuje realizaci jak standardizovaných střeleckých cvičení, tak i střelby taktické [8]. Výtkou tomuto simulátoru od cvičících je nižší zpětný ráz replik zbraní, než jaký mají zbraně reálné.



Obr. 6 Small Arms Virtual Indoor Trainer (SAVIT)
Zdroj: [6]

3 MOŽNOSTI MODERNIZACE

Na základě zkušeností autora článku, který sloužil 4 roky u SkSTT a na základě rozhovorů s příslušníky SkSTT, kteří mají na starost výcvik na výše zmíněných simulátorech, se tato kapitola zabývá identifikací oblastí, které mají největší potenciál pro zlepšení, které by mohlo přinést zavedení moderních simulátoru do AČR.

3.1 OBLAST VIZUÁLNÍHO VÝSTUPU

Moderní simulátory, založené na pokročilých herních enginech, poskytují výrazně vyšší grafickou úroveň a realističnost oproti starším systémům, jako jsou VS-I a VS-II používané u SkSTT. Zastaralost starších simulátorů se projevuje jak v softwaru, tak v hardwaru. Například, staré zobrazovací panely nedosahují věrnosti barev a rozlišení moderních panelů nebo VR headsetů. Nízké rozlišení omezuje schopnost

identifikace vzdálených objektů, což narušuje realističnost simulace, protože by v reálném světě, na stejnou vzdálenost, pozorovatel objekt rozpoznal. Ačkoliv by novější hardware tento problém částečně vyřešil, zastaralý software neumožňuje vykreslit dostatečné detaily ani při vyšším rozlišení. Proto je vhodnější volbou moderní simulátor, jako je VBS4, jehož engine podporuje komplexnější geometrii a textury.

Při použití standardních monitorů však zůstává limitací projekce 3D prostředí na 2D plochu, což vyžaduje kompromisy v zorném poli (anglicky field of view – FOV) a způsobuje deformaci obrazu. Ačkoliv se poměry stran monitorů (starý poměr 4:3, moderní 16:9) blíží poměru lidského horizontálního (180°) a vertikálního (135°) zorného pole, monitory nepokrývají zorné pole v dostatečné míře [9]. Tento problém nejefektivněji řeší VR headsety, které s postupujícím vývojem omezují přirozené zorné pole člověka stále méně. Pro výcvik jednotlivců a družstev by proto byl nejvhodnější simulátor založený na virtuální realitě, jako je zmíněný V-armed.



Obr. 7 Porovnání FOV – nahoře 73° , dole 106°
Zdroj: [9]

3.2 OBLAST OVLÁDACÍCH PRVKŮ

Vzhledem k tomu, že VS-I využívá fyzické kopie reálných částí vozidel, ve kterých sedí posádka, nedá se tomuto simulátoru v oblasti ovládání nic vytknout. Uplně jinou kapitolou je ale simulátor VS-II, který se ovládá přes dotykové monitory, tablety, joysticky a volant s pedály a řadicí pákou, což se dle typu

simulovaného prostředku buď zcela nebo z velké části odlišuje od reálného ovládání techniky. Ovládání simulovaných vojáků je vůbec realitě nejvzdálenější a nejkostrbatější. V této oblasti je tento simulátor překonán prakticky jakoukoliv moderní PC hrou anebo simulátorem. Nahrazení tohoto výcviku pomocí komplexního simulátoru jako je VBS 4, které by se dalo implementovat i jako zobrazovač pro VS-I, by bylo ideálním řešením. Výcvik jednotlivců (bez použití techniky) by velice dobře v oblasti ovládání řešil jak simulátor VirTra V-300, tak simulátor V-armed. Oba tyto simulátory používají k ovládání fyzické repliky zbraní, které má cvičící v ruce a v prostředí se pohybuje jako v reálném světě, což je jako řešení ovládání simulovaného vojáka jako jednotlivce ideální.

3.3 OBLAST UMĚLÉ INTELIGENCE

Simulátory aktuálně využívané na SkSTT implementují pouze základní algoritmy umělé inteligence. Tyto algoritmy umožňují přesun jednotek mezi dvěma určenými body, avšak často selhávají při řešení kolizí s jinými jednotkami nebo překážkami na cestě. Umělá inteligence dále zajišťuje detekci nepřítele v zorném poli a zahájení palby, přičemž reakční dobu lze modifikovat nastavením úrovně výcviku jednotky.

Ve srovnání s moderními simulačními platformami, jako je VBS4, je tato úroveň umělé inteligence nedostatečná. VBS4 eliminuje problémy s kolizemi jednotek a nabízí výrazně sofistikovanější simulaci detekce a vyhledávání cílů. Navíc, umělá inteligence ve VBS4 je schopna řídit jednotky dle standardních operačních postupů. Například, při simulaci obsazování vesnice pěchotou, kulometčík poskytuje krycí palbu, zatímco ostatní členové jednotky postupují přískoky a vzájemně se kryjí, což demonstruje vyšší úroveň taktické kooperace počítačem řízených jednotek.

ZÁVĚR

Simulátory hrají v moderním vojenství stále důležitější roli a jejich význam neustále roste. Armády NATO využívají širokou škálu simulátorů pro výcvik, plánování operací a testování nových technologií, vojenských strategií a operačních postupů. Simulátory umožňují vojákům procvičovat si dovednosti v bezpečném a kontrolovaném prostředí a přispívají k efektivnějšímu a bezpečnějšímu plnění vojenských úkolů. Trendy v oblasti simulátorů směřují k propojování systémů, využití umělé inteligence a technologií rozšířené a virtuální reality. Interoperabilita simulátorů je klíčová pro efektivní výcvik v rámci NATO a vyžaduje standardizaci a vývoj společné architektury. České firmy, jako jsou Bohemia Interactive Simulations, VR Group a SIM-Teq, se aktivně podílejí na vývoji a výrobě moderních simulátorů pro AČR a armády NATO. Simulátory ve virtuální realitě potom představují revoluci ve vojenském výcviku, protože mnohem blíže kopírují reálné ovládání virtuálních vojáků, zbraní i techniky a zároveň uživatele doslova přenášejí do virtuálního světa, imerze z výcviku je tedy mnohem vyšší. Nabízejí realistické, bezpečné a flexibilní prostředí pro výcvik vojáků v široké škále dovedností. VR technologie má potenciál transformovat vojenský výcvik a vytvořit adaptabilnější, odolnější a efektivnější ozbrojené síly. Zároveň otevírá nové možnosti různorodosti výcviku a snižuje náklady a rizika spojená s výcvikem na drahé a komplexní vojenské technice [10]. Dá se říct, že ve virtuálním světě je nyní možné téměř věrně simulovat prakticky cokoliv, čemu se armáda věnuje na cvičeních, pokud je k dispozici moderní software a hardware.

Použitá literatura

- [1] *NATO Centres of Excellence – Modelling and Simulation*. Online. NATO's Strategic Warfare Development Command. Dostupné z: <https://www.act.nato.int/article/nato-centres-of-excellence-modelling-and-simulation/>. [cit. 2025-02-21].
- [2] *Live Simulation Standards (LSS) – NATO M&S*. Online. NATO Science & Technology Organisation. Dostupné z: <https://nmsg.sto.nato.int/themes/lss>. [cit. 2025-02-21].
- [3] *Naši vojáci by mohli využívat stejné systémy virtuální reality jako používá armáda USA a Izraele*. Online. Czech Army and Defence Magazine. Dostupné z: <https://www.czdefence.cz/clanek/ziska-armada-ceske-republiky-stejne-systemy-virtualni-reality-jako-pouziva-idf>. [cit. 2025-02-21].

- [4] *Český vojenský trenážer, v němž trénují armády NATO. Co vše dokáže?* Online. CNN Prima News. Dostupné z: <https://cnn.iprima.cz/cesi-vyvi-vojsky-simulator-ve-kterem-trenuji-armady-nato-201547>. [cit. 2025-02-21].
- [5] *Virtual Reality: State of Military Research and Applications in Member Countries*. Online. NATO. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA411978.pdf>. [cit. 2025-02-21].
- [6] *VBS4 / BISim*. Online. Bohemia Interactive Simulations. Dostupné z: <https://bisimulations.com/products/vbs4>. [cit. 2025-02-21].
- [7] *Green Berets leverage immersive simulator for training*. Online. 2024. U. S. Army. Dostupné z: https://www.army.mil/article/273628/green_berets_leverage_immersive_simulator_for_training. [cit. 2025-02-21].
- [8] *V-Armed*. Online. 2025. V-Armed. Dostupné z: <https://www.v-armed.com/>. [cit. 2025-02-21].
- [9] *Why is Field of View important*. Online. 2025. Pyroteq. Dostupné z: <https://pyroteq.com/field-of-view-first-person-shooters/>. [cit. 2025-02-21].
- [10] *Výcvik vybraných bezpečnostních složek s využitím konstruktivní simulace*. Online. *The Science for Population Protection*. 2012, roč. 2012, č. 3. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/19/130.pdf>. [cit. 2025-03-11].

THE STRATEGIC ROLE OF LOGISTICS IN SHAPING INTERNATIONAL RELATIONS: POWER, TRADE, AND SECURITY

Vanessa Mariana MARTINS¹

Abstract

Logistics is an important area of the global economy. It plays a fundamental role in shaping international relations as it influences trade efficiency, and geopolitical stability. Nowadays, supply chains are increasingly becoming more interconnected, that way if any disruption caused by conflicts or economic sanctions can have a profound effect on international trade and also in diplomatic relations. Based on a comprehensive and concise literature review and recent case studies, this paper explores the strategic relevance of logistics to international relations. It also emphasizes its role in economic diplomacy, national security, and geopolitical competition. In addition, this paper illustrates how the relationship between logistics and international relations is continuously shaped by technological advancements and political developments. It examines how nations leverage logistics infrastructure, choke points, and supply chain resilience as tools of influence in international affairs. This study also highlights the connection between logistics and foreign policy illustrating the implications on global stability and cooperation.

Keywords:

trade networks, logistics and international relations, geopolitics, supply chain disruptions

INTRODUCTION

In this interconnected world, the ability to move goods fast and efficiently across borders can make or break diplomatic relations. Many studies define logistics as the process of planning, and controlling the efficient flow of goods, services, and related information from the point of origin to the point of destination. As defined by Soliani, logistics constitutes a comprehensive set of activities that integrate and optimize systemic functions, encompassing the procurement of inputs to the manufacturing and distribution of goods, thereby enhancing the circulation of products and the pertinent information associated with them. In this context, the functions of transportation, product accessibility, and order fulfilment are pivotal components of the logistics domain [1].

Logistics covers a wide range of activities since transportation till supply chains management. Rodrigue defines logistics as spatial and temporal management of freight flows and highlights its complexity in the globalized economy. As a commercial activity, logistics involves a whole range of tasks, from intensive labour (loading, packaging, unloading) to intensive information management (order processing, booking, routing). Many authors mentioned that the goal of logistics is to ensure that products and services are delivered with quality, reliability, and efficiently [2]. Likewise, Liu underscores that an effective logistics flow and management of materials from the supply point to the demand point, plays a crucial role in international trade. An efficient logistics system can bring transaction costs reduction and improve transportation efficiency and also enhance the company's competitiveness in the global market. [3] However, in this globalized world, logistics is not merely only an economic function, it is also a key geopolitical tool. Nations rely on supply chains for economic growth, strategic security, and diplomatic leverage. The ability to control trade routes, transportation hubs, and supply networks grants countries both economic power and political influence.

International Relations (IR), therefore, is deeply intertwined with logistics. IR is the study and practice of political, economic, and social interactions between nations and international organizations. IR considers how countries engage with one another, focusing on a range of issues like diplomacy, trade, policies, strategic alliances, economic dependencies, and cooperation shape diplomatic relations. Ebruka

¹ **Vanessa Mariana Martins**, vanessamarimartins@gmail.com

mentioned that IR is delineated by a diverse set of theoretical frameworks, each presents unique methodologies to elucidate global phenomena, while simultaneously acknowledging the multiplicity inherent in the various perspectives regarding its objectives as well [4].

This paper explores the critical role that logistics plays in shaping international relations, it highlights how control over logistics infrastructure impacts global power dynamics, how trade networks influence diplomatic relations, and how logistical challenges shape international cooperation.

1 THE CORRELATION BETWEEN LOGISTICS AND INTERNATIONAL RELATIONS

Globalization has profoundly intensified the connection between logistics and international relations. It creates a highly interdependent world where the movement of goods, services, and information is critical to both: economic success and diplomatic relationships. Sniukiene et al. states that logistics facilitate import and export activities by reducing costs, time and complexity. Numerous empirical studies have investigated the impact of logistics performance on trade volumes [5].

Logistics plays a crucial role in modern diplomacy by providing countries with both economic leverage and strategic control. Many nations can pose significant influence in the global arena by controlling the key logistical hubs and trade routes. It allows them the ability to impose sanctions and embargoes, which can generate alliances and conflicts.

Nations that control key logistical hubs like ports, canals, railways, and critical trade routes can exert considerable influence over global trade flows. These hubs act as choke points where the movement of goods is concentrated, allowing the controlling nation to shape trade policies, dictate terms of transit, or charge tariffs. Once noted by Seker maritime trade, maritime transportation routes, energy transmission lines, marine living and non-living resources, strategic infrastructures, and new energy facilities all have a direct impact on the global economy. This economic control can serve as a diplomatic tool to strengthen alliances or exert pressure on other nations [6].

Rodrigue mentioned that governments assume a vital function in the realm of transportation, serving as both sources of investment and regulatory bodies. The political significance of transportation is irrefutable, as governments frequently provide subsidies to facilitate the mobility of their population (highways, public transit, etc.) [2]. Although the majority of transport demand is linked to economic necessities, numerous communication corridors have been established for political motivations, including national accessibility and job creation. Consequently, transportation has an influence on nation-building and the promotion of national unity; however, it also operates as an instrument of political strategy.

Henrique stated that international relations are essential in the contemporary world, connecting countries through diplomacy, trade, and global cooperation. In the globalization context, collaboration between nations is essential to face challenges such as economic crises, climate change, and geopolitical conflicts [7]. In addition to enabling trade agreements and political alliances, these relations encourage cultural exchange and sustainable development. Logistics also serves as the backbone of international relations ensuring the smooth movement of goods, resources, and people. By facilitating trade, diplomacy, and cooperation, logistics strengthens economic stability, promotes sustainability, and shapes geopolitical strategies.

Although globalization brings new opportunities, it also poses challenges that require joint solutions between governments, companies and organizations. Strengthening international relations, therefore, contributes to global stability and growth. Pereira emphasizes that several current works, dealing with the theme of business logistics, present historical citations that highlight logistics and supply chain management as an important discipline, considered in the area of Military Science as a strategic factor for success [8].

Katsaliaki et al. reviews the literature on supply chain disruptions, focusing on recent developments in the logistics field, and synthesizes information on disruption types, impacts, resilience methods, and recovery strategies [9]. Table 1 illustrates and summarizes various causes of supply chain disruptions

that can significantly impact global logistics, and by extension, international relations based on this study.

Table 1 Causes of Supply Chain Disruptions [author]

Cause Category	Description	Indicative References
Natural Disasters	Events like earthquakes, floods, and tsunamis	Chopra and Sodhi (2014)
Delays	Inflexibility in supply sources and transport	Chopra and Sodhi (2014)
System Failures	Breakdown of information infrastructure	Ivanov et al. (2017)
Inaccurate Forecasting	Bullwhip effect and demand fluctuations	Chopra and Sodhi (2014)
Economic Crises	Global downturns affecting supply chains	Ivanov et al. (2019)
Labor Strikes	Key sector strikes causing logistics hindrance	Thun and Hoenig (2011)
Cyber Attacks	Data breaches affecting multiple firms	Zsidisin et al. (2016)
External Political Issues	Wars, terrorism affecting supply chains	Rao and Goldsby (2009)
Transport Network Disruptions	Adverse weather or transport issues	Dolgui et al. (2018)
Capacity Constraints	Issues related to production capacity	Christopher and Peck (2004)

Data source: [9]

2 LOGISTICS AND THE ECONOMIC POWER

Logistics systems may be one of the most important driving forces for economic growth, regional development, investment inflow, employment, and per capita income as mentioned by Cheng [10]. This means optimizing the supply chain, ensuring that goods, services and information flow efficiently. When the logistics systems are well developed, the environment contributes to economic growth by reducing transportation and storage costs, which streamlines processes, and enhances overall efficiency. Integrated and faster logistical operations attract investors by providing a stable and reliable infrastructure for trade and commerce.

Additionally, the increasing demand for logistics services generates employment opportunities, strengthening local and national economies. To obtain a competitive advantage in the global trade, a company must have an efficient supply chain ensuring better resource allocation and improving productivity. Together, these benefits foster continuous and sustainable economic development, driving regional and national progress.

Bugarčić stated that many researchers recognize logistics as a factor of trade facilitation, which consequently, through the connection of international trade, can lead to industrial and economic development [11]. However, economic relations can become strained, as countries may experience fluctuations in trade balances or put pressure on other nations to react to economic distress caused by a natural disaster. In addition, some economic crises, such as financial downturns or trade embargoes, can similarly ripple through global supply chains. For example, an economic crisis in a large economy may lead to reduced demand for imports from other countries. This impacts their economic stability and leads to broader regional economic implications.

Furthermore, the efficiency of logistics systems can directly affect the ability of a country to integrate into the global economy. Nations with well-developed infrastructure, such as advanced ports, highways, and digitalized supply chain systems, can enhance their global trade competitiveness. According to Li,

the logistics industry development not only improves the local economy but also promotes economic growth in neighboring areas, supporting a coordinated and strategic pattern of logistics industry development. The development of the logistics industry has an important role in promoting economic growth. It connects production and consumption, domestic and international, and urban and rural areas. It also has a positive impact on regional economic development and the promotion of its comprehensive strength [12].

In the context of international supply chains, the phenomenon of digital transformation is assuming an ever more critical role in fostering economic advancement. New technologies are fundamentally reshaping the logistics landscape. This is the case of blockchain, artificial intelligence, and Internet of Things, for example. They increase transparency, enhance inventory management, and mitigate operational risks. Blessing states that blockchain enhances transparency and security within the supply chain. By Providing a decentralized, immutable record of transactions, blockchain reduces fraud, improves traceability, and streamlines cross-border transactions. It leads to more efficient data sharing and transaction management, which positively impacts economic efficiency [13].

These advancements allow businesses to anticipate demand fluctuations, optimize transport routes, and enhance overall resilience against disruptions. Consequently, nations that actively integrate digital solutions into their logistics networks gain a competitive advantage in international trade, ensuring smoother and more secure supply chain operations.

As global trade becomes increasingly interconnected, the role of logistics in economic power will continue to expand. Governments and businesses must invest in resilient, adaptive, and technologically advanced logistics frameworks to navigate the complexities of modern supply chains. This way, they can not only safeguard economic stability but also capitalize on emerging opportunities in the evolving global economy.

3 DEFENSE LOGISTICS AND NATIONAL SECURITY: STRATEGIC INFRASTRUCTURE AND SUPPLY CHAIN VULNERABILITIES

In the context of significant and growing geopolitical disruptions, supply chains are of utmost importance. Government export restrictions, regulatory interference, and disputes between nation-states often disrupt the flow of goods worldwide. Political leaders call supply chain executives to develop plans to mitigate, avoid, or be prepared for a more significant number of unexpected events, as mentioned by Roscoe et al. [14].

According to Aćimović, military logistics has a broader scope than business logistics. While both involve transport and storage, military logistics also includes various additional functions. These include medical and healthcare services, maintaining critical military infrastructure, transportation of specialized materials and equipment, and also provision of veterinary support. Furthermore, military logistics plays a crucial role in humanitarian disasters and pandemics [15]. For example, to assist the population, military forces were deployed during the COVID-19. These diverse responsibilities highlight the complexity and extensive reach of military logistics compared to business logistics.

Defense logistics goes far beyond battlefield operations. It plays a critical role in responding to global crises, including pandemics and humanitarian disasters. The COVID-19 pandemic was a great example, military logistical capabilities were essential in supporting civilian healthcare systems. It ensured the timely distribution of medical supplies, including the vaccines, and emergency response coordination.

Konecka-Szydłko et al. highlighted the critical role of logistics during the crises is to ensure that preparedness and flexibility of the healthcare system. Efficient logistics systems ensure the timely delivery of essential supplies, such as medications and protective equipment, enabling healthcare providers to respond effectively to increasing patient numbers and staff shortages [16]. Furthermore, logistics support the coordination of anti-epidemic measures and health education initiatives, contributing to overall public health and safety. As demonstrated during the pandemic, robust logistics are indispensable for maintaining the resilience and efficiency of healthcare systems, thereby underscoring their importance in both emergency and routine operations.

The critical role of logistics extends beyond healthcare and military operations to global trade and strategic security. Just as efficient healthcare logistics ensure the smooth delivery of medical supplies during crises, the stability of global supply chains relies on the security of key transit routes. In military and economic contexts, choke points serve as vital nodes in the logistical network, where disruptions can lead to cascading effects on supply chain resilience, economic stability, and national security. According to Martins, control over these routes grants nations the ability to regulate trade flows, restrict vessel movements, and project military power, underscoring the strategic significance of logistical infrastructure. Given the increasing complexity of geopolitical tensions, securing critical logistical pathways, whether in healthcare, military operations, or global trade, remains a fundamental aspect of national and international security planning [17].

Geopolitical tensions and conflicts significantly contribute to supply chain vulnerabilities. As an example, the ongoing Russian invasion of Ukraine. It disrupted the global supply chains, affected the availability of essential commodities such as oil, gas, grains, and fertilizers. These disruptions highlight the critical impact of geopolitical instability on global trade and economic stability. Bednarski et al. mentioned that the Russian Ukrainian conflict had many negative effects around the world. It has heightened inflation, strained manufacturing and transportation. Besides, it forced shifts in procurement and logistics due to shortages and sanctions [18].

3.1 THE ROLE OF SANCTIONS, EMBARGOES, AND TRADE RESTRICTIONS IN SECURITY POLICIES

Sanctions and embargoes are powerful diplomatic tools used by nations and international organizations, such as the United Nations to apply economic pressure on a target country. The regulation of logistics is pivotal in the implementation of sanctions through the limitation of the flow of goods, services, and capital to and from the nation subject to sanctions. An embargo is a more extreme form of sanction. Typically, it involves a complete prohibition on trade with the targeted country. Orieskova defines sanctions as punitive measures imposed to compel a change in behavior, often related to issues like human rights violations, military aggression, or breach of international law. Embargoes specifically refer to trade restrictions that prevent the exchange of goods with the targeted country [19].

This logistical blockade can force a nation to alter its political behavior or countries that dominate global logistics, such as the United States or the European Union, have more leverage when imposing sanctions because they can disrupt trade on a broader scale. Fekete stated that sanctions are tools for achieving foreign policy goals; the subject matter of sanctions depends on the objectives and legal possibilities of the state or entity applying them [20].

When an access to critical supply chains or trade routes is cut off, sanctions can cripple a country's economy. Logistical choke points such as ports or shipping lanes can be restricted, preventing the sanctioned nation from receiving essential goods, including food, technology, or energy supplies. As explained on Article 41 of the United Nations, the Security Council may decide what measures not involving the use of armed force are to be employed to give effect to its decisions, and it may call upon the Members of the United Nations to apply such measures [21]. These may include complete or partial interruption of economic relations and rail, sea, air, postal, telegraphic, radio, and other means of communication and the severance of diplomatic relations.

As an example, sanctions applied on countries like Iran or North Korea, that rely heavily on restricting their access to international logistics networks and shipping routes, reduces their ability to engage in global trade. Another recent example is the United States and European Union sanctions on Russia following the Ukraine conflict involving controlling the access to key financial and logistical systems, restricting Russian oil exports, and limiting access to critical technologies. This form of logistical control aimed to pressure Russia diplomatically and economically to comply with international demands, as the economic impact can be severe.

4 TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND THE FUTURE OF LOGISTICS IN INTERNATIONAL RELATIONS

In response to many challenges of global trade and with technological advancements, the logistics sector has significantly transformed, which has enhanced global supply chain efficiency. Liu also stated that future trends and development of smart logistics and Internet of things (IoT) technology will significantly enhance logistics efficiency and management levels. Technologies such as sensors, RFID (Radio Frequency Identification), and GPS can enable real-time tracking, they are also able of goods monitoring [3]. It optimizes transportation routes and reduces losses and delays en route. Oladele defines the Internet of things as a network of connected devices, sensors, as well as systems [22]. They are capable of collecting, and exchanging data, as well analyzing it. These interconnected devices have great range from simple sensors to complex industrial equipment. They are able to communicate with each other, and with central data processing platforms. It can enable real-time monitoring, and automation, but also optimize various processes and operations.

Globalization of the economy has intensified competition and rapidly changed trade terms. The mergers of enterprises and advancements in information and communication systems have accelerated these processes, leading to shorter planning periods and necessitating quicker decision-making. Logistics, driven by communication and distribution systems, plays a crucial role. The real-time tracking, data analytics, and decision-making capabilities enhance and optimize the supply chain by an IoT integration [23]. It can lead to greater efficiency, with reduced costs, and improve the resource utilization. This means that it is necessary to understand the direction in which logistics is heading, it is essential for managing global supply chains effectively.

Ravi et al. mentioned that with the support of IoT smart logistics systems improves cross-disciplinary collaboration. It is hoped that many working areas, including policies, societal and economic development, trade and commerce, and the environment, into synchronization on a global scale. By increasing system efficiency and lowering costs, IoT capabilities make it possible to implement the circular economy and sustainability [24].

A prime example of logistics technology shaping international trade is Amazon's Global Logistics Network. Amazon leveraged IoT, using AI-driven forecasting, and automated fulfillment centers. It created one of the most efficient supply chains in the world. This model has pressured competitors and even governments to improve their logistics capabilities to remain competitive. As Oliveira mentioned that the integration of drones into Amazon is an example of how the IoT is transforming logistics. The use of drones equipped with sensors and GPS, enables fast, safe and efficient deliveries. In addition to reducing delivery times to minutes, this technology also helps reduce vehicle traffic and carbon emissions, in line with Amazon's sustainability goals [25].

Optimizing logistics through technology and strategic management reduces costs, enhances service delivery, and strengthens global competitiveness. Economic efficiency in supply chains stems from careful design, technology integration, and continuous optimization. As businesses face global challenges like demand volatility, geopolitical risks, and environmental concerns, resilient and sustainable supply chains become increasingly vital. Companies that invest in supply chain engineering today will secure long-term economic success in an evolving global market [13].

The integration of advanced logistics technologies not only enhances supply chain efficiency but also influences international relations. It reshapes the global trade patterns and economic dependencies. Countries with superior logistics infrastructure, driven by IoT and AI, gain a competitive edge in global commerce, because they position themselves as key players in international trade. For instance, the China's Digital Silk Road Initiative, is one of the parts of the larger Belt Road Initiative (BRI). It leverages smart logistics and AI-powered infrastructure to establish trade dominance across Asia, Africa, and Europe. This has strengthened China's diplomatic and economic influence. Which fostered new alliances while also created tensions with Western economies concerned about over-reliance on Chinese-controlled trade routes.

Furthermore, governments increasingly view logistics as a matter of national security. The ability to track shipments in real time, predict disruptions, and secure supply chains from cyber threats or geopolitical conflicts has become crucial. The U.S. government, for example, has implemented stricter regulations on foreign technology providers in supply chain management, citing national security risks. Such policies illustrate how technological advancements in logistics are not just about efficiency but also about economic sovereignty and global power dynamics.

CONCLUSION

In conclusion, the relationship between global logistics and international relations highlights the critical role that logistics plays in shaping diplomacy, trade, and economic stability. Nations must adapt through stronger cooperation, sustainable practices, and resilient strategies considering the political instability and technological advancements continue to impact global supply chains. By aligning policies with these emerging trends, countries can foster more robust, efficient, and secure global trade networks, ensuring long-term stability in international relations.

Furthermore, the strategic importance of logistics extends beyond economic efficiency to influence national security and geopolitical power. Control over key logistical hubs, trade routes, and supply chain infrastructure allows nations to exert economic and political leverage in international affairs. Disruptions caused by trade disputes, regulatory interventions, or global crises underscore the necessity for resilient and adaptive supply chains that can withstand geopolitical pressures and unforeseen shocks. As Arowosegbe et al. stated changes in trade policies, tariffs, and trade agreements can impact sourcing strategies, transportation routes, and overall supply chain costs. Organizations need to stay vigilant, monitor geopolitical developments, and maintain agility in adjusting their supply chain strategies in response to policy change [26].

Innovations in technology such as artificial intelligence have transformed the logistics industry. It improves the transparency, efficiency and real-time decision-making in supply chain. The technology behind these innovations will become increasingly essential to mitigate risk, increase supply chain agility, and maintain a competitive edge in the international marketplace as global trade networks become increasingly interconnected.

Lastly, the intersection of logistics and international relations demands a proactive and strategic approach from both governments and businesses. By prioritizing investment in infrastructure, fostering international cooperation, and embracing technological innovation, countries and companies alike can ensure economic resilience and geopolitical stability. Sustainable, efficient, and secure logistics systems will shape the future of global trade and diplomacy by supporting international cooperation and economic growth.

References

- [1] SOLIANI, R. Logistics and Transportation in Brazilian Agribusiness: The Flow of Grain Production. *Journal of Economics Business and Management*. 2022, vol. 10, p. 210-219. DOI: 10.18178/joebm.2022.10.3.701.
- [2] RODRIGUE, J.-P. *The Geography of Transport Systems*. 5th ed. Routledge, 2020. ISBN 978-0367364632.
- [3] LIU, X. The Role of Logistics and Infrastructure in Promoting International Trade. *Journal of Education and Educational Research*. 2024, vol. 9, p. 281-286. DOI: 10.54097/j25ch550.
- [4] EBRUKA, N. H. What is the Purpose of Theory in International Relations? *SSRN Electronic Journal*. 2024. DOI: 10.2139/ssrn.4733500.

- [5] SNIUKIENE, A. M. and BURINSKIENE, A. Logistics and international trade development relationship: evidence of European Union member states. *Business Management*. 2020. DOI: 10.3846/bm.2020.524. Accessed November 5, 2025.
- [6] ŞEKER, B.; ÇOMAK, H. and ULTAN, S. M. O. *Global Maritime Geopolitics*. 2022.
- [7] HENRIQUE, G. Relações Internacionais: qual a importância na atualidade? *Gran Faculdade*. Available at: <https://faculdade.grancursosonline.com.br/blog/importancia-relacoes-internacionais>. Accessed February 13, 2025.
- [8] PEREIRA, A. Logística da defesa: fundamentos da gestão de processos logísticos e transformação no Exército Brasileiro. *Coleção Meira Mattos*. 2019, vol. 13, p. 301-320. DOI: 10.22491/cmm.a018.
- [9] KATSALIAKI, K.; GALETSI, P. and KUMAR, S. Supply chain disruptions and resilience: a major review and future research agenda. *Annals of Operations Research*. 2022, vol. 319, p. 965-1002. DOI: 10.1007/s10479-020-03912-1.
- [10] CHENG, G. et al. The Contribution of Logistics Industry to Economic Growth Based on Logis Model. In: *2010 International Conference of Information Science and Management Engineering, 07-08 August, Shaanxi, China: IEEE-Institute of Electrical and Electronics Engineers*. 2010. DOI: 10.1109/isme.2010.127.
- [11] BUGARČIĆ, F. Ž.; MIČIĆ, V. and STANIŠIĆ, N. The role of logistics in economic growth and global competitiveness. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci*. 2023, vol. 41, iss. 2, p. 499-520. DOI: 10.18045/zbefri.2023.2.499.
- [12] LI, X. and CHEN, F. Impact of logistics development on economic growth: An empirical research from Guangdong Province in China. *Complexity*. 2021. DOI: 10.1155/2021/9950935.
- [13] BLESSING, M. *Supply Chain Engineering and Economic Efficiency*. 2024.
- [14] ROSCOE, S. et al. Redesigning global supply chains during compounding geopolitical disruptions: the role of supply chain logics. *International Journal of Operations & Production Management*. 2022, vol. 42, iss. 9, p. 1407-1434. DOI: 10.1108/IJOPM-12-2021-0777.
- [15] ACIMOVIC, S.; VELJKO, M. M. and GOLUBOVIĆ, Marko. Military Logistics vs. Business Logistics. *Economic Analysis*. 2021, vol. 54, p. 118-138. DOI: 10.28934/ea.21.54.1.pp118-138.
- [16] KONECKA-SZYDŁKO, B. and MARUSZAK, M. Crisis management in the face of COVID-19 pandemic. In: *New Approaches to State Security Assurance: Proceedings of the 15th Annual Doctoral Conference*. 2021.
- [17] MARTINS, V. M. Hot spots of the security challenges on maritime trade: case of the most relevant choke points in the world. In: *New Approaches to State Security Assurance: Proceedings of the 15th Annual Doctoral Conference*. 2024.
- [18] BEDNARSKI, L.; ROSCOE, S., BLOME, C. and SCHLEPER, M. C. Geopolitical disruptions in global supply chains: A state-of-the-art literature review. *Production Planning & Control*. 2023. DOI: 10.1080/09537287.2023.2286283.
- [19] ORIESKOVA, V. and HAVKO, J. Sanctions and Embargoes as a Crisis Response Instrument in the Context of the Ukrainian Crisis. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*. 2015, vol. 17, p. 75-80. DOI: 10.26552/com.C.2015.4.75-80.
- [20] FEKETE, G. Economic sanctions based on International and EU law. *EU and Comparative Law Issues and Challenges Series (ECLIC)*. 2024, vol. 8. DOI: 10.25234/eclic/32285.

- [21] United Nations. *Article 41 of the United Nations Charter*. Available at: <https://legal.un.org/repository/art41.shtml>. Accessed on February 16, 2025.
- [22] OLADELE, O. *Internet of Things (IoT) in Logistics: Transforming Supply Chains with Connected Devices and Data Analytics*. 2024.
- [23] HASHIMOVA, A.; SABIRZADE, M. and GURBANOVA, T. *Modern trends in ensuring the operation of international logistics systems*. 2025.
- [24] RAVI, N.; SEETHARAMAN, A. and JAYARAMAN, V. Influence of IoT on Smart Logistics. *Socialis Series in Social Science*. 2023. DOI: 10.20319/pijss.2023.92.
- [25] OLIVEIRA, R. Transformação da logística através da internet das coisas IoT: desafios e oportunidades. *Revista Sistemática*. 2024, vol. 14, p. 1463-1481. DOI: 10.56238/rcsv14n7-002.
- [26] AROWOSEGBE, O.; OLUTIMEHIN, D.; ODUNAIYA, O. and SOYOMBO, O. Risk Management in Global Supply Chains: Addressing Vulnerabilities in Shipping and Logistics. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*. 2024, vol. 6, p. 910-922. DOI: 10.51594/ijmer.v6i3.962.

ARCHITEKTURA SYSTÉMŮ PRO PODPORU STRATEGICKÉHO ROZHODOVÁNÍ PRO VÝSTAVBU OZBROJENÝCH SIL

ARCHITECTURE OF STRATEGIC DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR THE CONSTRUCTION OF ARMED FORCES

Jiří NOVOTNÝ¹

Abstrakt

Tento článek se zabývá architekturou systémů pro podporu strategického rozhodování v národním kontextu výstavby ozbrojených sil. V moderním vojenském prostředí jsou tyto systémy klíčové pro efektivní plánování, alokaci zdrojů, simulaci hrozeb a zajištění interoperability mezi národními i mezinárodními silami. Základními komponenty architektury mohou být různé vrstvy od datové, přes analytickou, simulační až po aplikační. Každá z nich hraje zásadní roli v procesu sběru, zpracování a vizualizace relevantních informací, které pomáhají vojenským velitelům nebo akvizičnímu týmu při strategickém rozhodování.

Systémy se neustále vyvíjejí s využitím pokročilých technologií, jako je umělá inteligence a automatizované rozhodování, což přináší nové možnosti pro budoucí výstavbu ozbrojených sil AČR. A právě zde je prostor a příležitost k vytvoření aplikace, která bude mít ambice nahrazovat anebo nejméně schopnost doplňovat rozhodování strategického operačního managementu v reálném čase nabídkou optimálních řešení a postupů pro akvizici bojových prostředků, služeb a materiálu s přihlédnutím na všechny aspekty budoucího válčiště a rozvoje ozbrojených sil. Využití moderních simulačních nástrojů, konkrétně komplexního digitálního modelu jednotky – digitálního dvojčete, může dopomoci k vytvoření zjednodušeného koncepčního modelu současné struktury ozbrojených sil v simulátoru a jeho rozvoji s ohledem na optimální strukturování do budoucna.

Klíčová slova:

architektura systémů, ozbrojené síly, plánování, akvizice, automatizovaný rozhodovací proces, optimalizace, rozvoj ozbrojených sil, simulace, digitální dvojče

Abstract

This paper examines the architecture of strategic decision support systems in the national context of army force building. In the military environment, these systems are critical for effective planning, resource allocation, threat simulation, and ensuring interoperability between national and international forces. The core components of the architecture can range from data, analytical, application, education and training layers. Each of these plays a critical role in the process of collecting, processing, and visualizing relevant information to assist the military commander or acquisition team in strategic decision-making.

The systems are constantly evolving using advanced technologies such as artificial intelligence and automated decision-making, which brings new opportunities for the future development of the Czech Armed Forces. There could be an opportunity to create an application that will have the ambition to replace or at least the ability to complement the real-time decision-making of strategic management by offering optimal solutions and procedures for the acquisition of combat assets, services and material, considering all aspects of the future theatre of war and the development of the armed forces. The use of modern simulation tools, specifically the complex digital unit model – digital twin, can help to create a simplified conceptual model of the current structure of the armed forces in the simulator and its development with a view to optimal structuring for the future.

Key words:

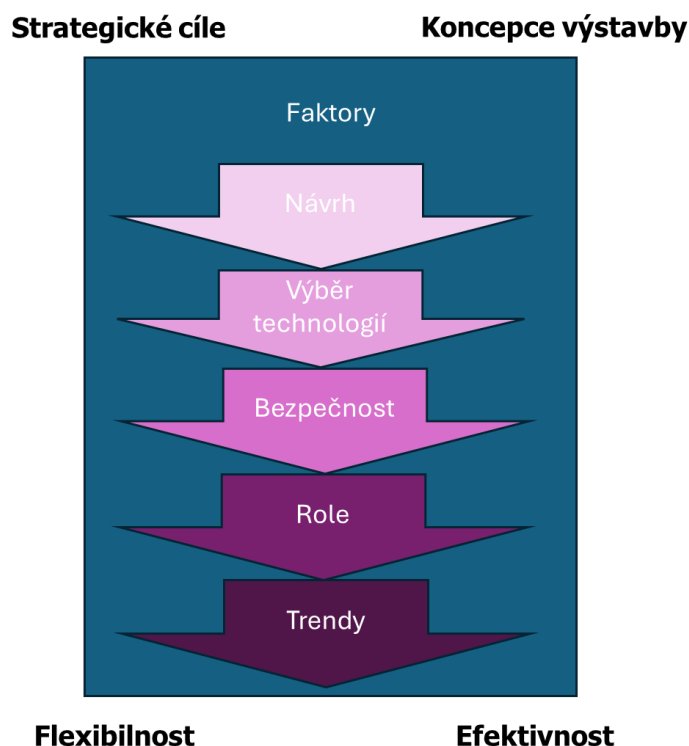
architecture of systems, decision support, planning process, optimal solution, acquisition, armed forces, simulation, digital twin

¹ Ing. Jiří Novotný, Department of Defense Analysis, Centre for Security and Military Strategic Studies, University of Defence, Tučkova 23, 662 10 Brno, +420 604 764 140, jiri.novotny@unob.cz

ÚVOD

„[St]rategická rozhodnutí budou ovlivňovat efektivitu, škálovatelnost a odolnost architektury systému pro výstavbu ozbrojených sil. Pochopení klíčových faktorů ovlivňujících tato rozhodnutí je zásadní.“ [1] Od pochopení strategických cílů obrany ČR až po vyhodnocení technologických trendů by každé rozhodnutí mělo být v souladu s cíli AČR, potažmo MO ČR a s Konceptí výstavby ozbrojených sil. Zároveň by však mělo zůstat dostatečně flexibilní, aby se mohlo přizpůsobit budoucím potřebám, ne však lobby zbrojařských firem a nekompetentním rozhodnutím osob, kteří nejsou s danou problematikou dostatečně seznámeni.

„[Sv]ědomitým a pečlivým zvážením těchto faktorů lze pak vytvořit robustní architekturu systémů pro strategické rozhodování, která by splňovala nejen současné požadavky, ale také by měla schopnost předvídat budoucí vývoj.“ [1] výzvy v zabezpečení ochrany ČR a plnění úkolů vyplývajících z partnerských závazků Severoatlantické aliance.



Obr. 1 Příprava architektury systémů se vstupními faktory
Zdroj: [vlastní]

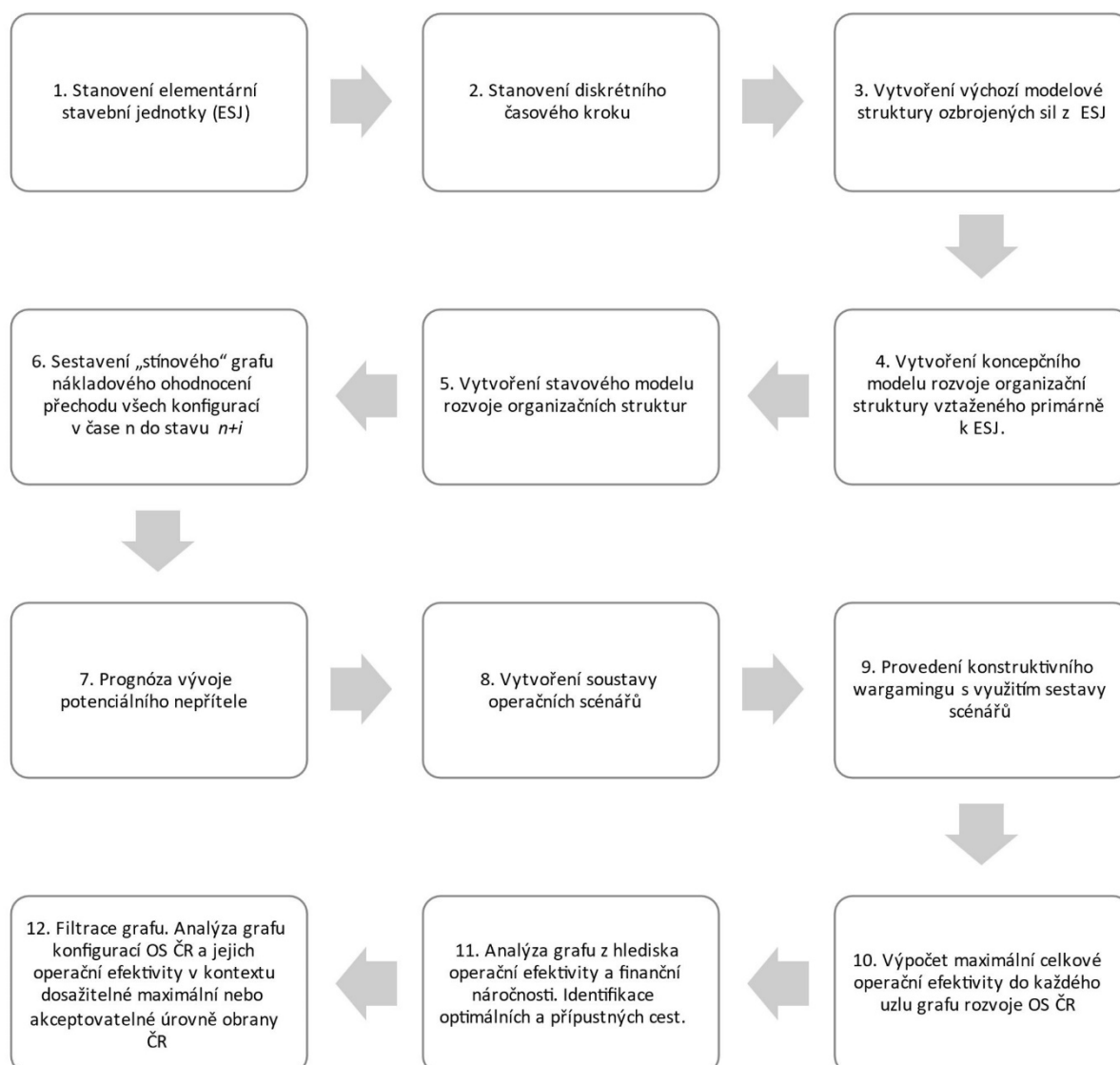
1 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Analýza současného stavu architektury systémů pro podporu strategického rozhodování je klíčovým krokem pro identifikaci silných a slabých stránek aktuálních řešení. V současné době se používají různé technologie a metodologie, které umožňují sběr, zpracování a vizualizaci dat pro vojenské účely.

Podle Mazala (2022) nabízí současné možnosti vojenské vědy odlišné přístupy k rozhodování s cílem razantního navýšení efektivity rozhodovacího procesu prostřednictvím hlubokého průzkumu datového modelu řešeného problému a aplikace optimalizačních metod k hledání finálního řešení na rozdíl od současně preferované role intuice a zkušenosti velitelů, strategických plánovačů a zejména pak politických rozhodnutí, ovlivněných lobbyingem zbrojních společností.

Mazal (2022) navrhuje architekturu postupu řešení optimalizace operační efektivity v kontextu požadavku maximální nebo akceptovatelné úrovně obrany ČR. Na obr. 2 pak lze vidět postupné kroky, které je nezbytné realizovat k dosažení cíle úrovně obrany ČR. Pro účely tohoto článku a následného

bádání je z hlediska přípravy nejzajímavější krok 9 – provedení konstruktivní válečné hry s využitím sestavy scénářů z kroku 8, které jsou podpořeny SW, který by měl automaticky umisťovat jednotky v souladu s taktickou situací a vlastnostmi terénu do konstruktivního simulátoru obsahujícího doktríny a umělou inteligenci spojenou s rozhodováním od taktického až po operační stupeň.



Obr. 2 Základní blokové schéma architektury postupu řešení podle Mazala (2022) [2]

2 POUŽITÁ METODOLOGIE

Pro návrh a implementaci architektury systémů pro podporu strategického rozhodování je nezbytné využívat vhodné metodologie, které zajistí efektivní a spolehlivé řešení. Zde se nabízí již zpracovaná metodika, která plně pokrývá oblast zájmu.

„[Ře]šená problematika se ve svém fundamentálním důsledku dotýká širokého spektra oblastí, jako např. lineární algebry, teorie pravděpodobnosti, statistiky, náhodných procesů, operačního umění, algoritmizace, modelování a simulace, operačního výzkumu, lineárního, nelineárního a dynamického programování, teorie grafů, automatizace, umělé inteligence, softwarového inženýrství aj., kdy byly autory použity vědecké metody a přístupy, které se často prolínají a vzájemně doplňují, zejména se jedná o:

*Metody indukce a dedukce;
Metody analýzy a syntézy;*

Zaměříme-li se na definici problému a vyjdeme z intuitivně sestavené soustavy kroků vedoucí k řešení úlohy (kopírující pragmaticko-logickou skladbu vyústění mentálního rozhodovacího procesu), tak ji lze charakterizovat jako hledání optimální konfigurace AČR v jednotlivých letech v kontextu schopnosti odolat (úspěšně čelit) budoucím hrozbám v korelaci s „optimálním“ investičním plánem, ohraničeným předpokládaným obranným rozpočtem. Vzhledem k historickým zkušenostem, a také některým indikátorům ve vývoji bezpečnostního prostředí, se ukazuje, že nelze s naprostou jistotou spoléhat na jakéhokoliv „spojence“, zejména pokud by ho jeho angažmá v daném kontextu výrazně poškodilo. Je tedy racionální se přiklonit k výstavbě AČR vyvážené a se schopností bránit území ČR proti technologicky srovnatelnému nepříteli.“ [2]

3 NÁVRH ARCHITEKTURY SYSTÉMU

Pro návrh architektury systému pro podporu strategického rozhodování je významným startovním bodem pochopení role AČR, a to nejen té současné, ale zejména té budoucí, sledování národní a mezinárodní politiky, vývoje a výstavby ozbrojených sil okolních zemí, partnerů v NATO a těch států s odlišnou filozofií a neakceptující mezinárodní právo potencionálních agresorů.

Zásadní otázkou také je, kdo jsou a budou strategickými uživateli – manažery ve vrcholných pozicích s pravomocemi provést rozhodnutí na velitelských a akvizičních postech a jaké výsledky se očekávají. Je nezbytné sladit schopnosti vojsk s účelem využití armády jako odstrašujícího prvku pro vnější ochranu zájmů ČR, ať už zvýšením efektivity, „[s]nížením nákladů nebo hlavně podporou inovací“ [1] šetřící spotřebu finančních a lidských zdrojů.

Architektura systému pak musí a bude podporovat a posilovat poslání armády a vracení se ke sloganu čtyř M – „[ma]lá, mladá, moderní, mobilní“, [3] naopak ne k čtyřem a možná i více „N“ – nenaplněná, neschopná, nespolupracující (mezinárodně), neflexibilní, nekompatibilní a nemoderní.

Dalším krokem je pak hledání existence skutečných problémů, které je potřeba vyřešit a které mohou za vynaložení nízkých nákladů změnit zásadním způsobem trend schopností a kooperace. „[J]e důležité mít větší cíle rozdělené na menší, abychom se neztratili v problémech a nezahltili bezvýznamnostmi. Čím větší je popis problému, tím větší je šance, že každý má jinou představu o tom, co to je.“ [1]

„[Dí]ky dobře definované definici problému a dobře rozděleným cílům je možné stanovit priority a definovat technickou strategii v architektuře systému, která je disciplínou vyžadující hluboké pochopení mnoha technických, vojenských a politických faktorů.“ [1]

4 VÝBĚR TECHNOLOGIÍ

Výběr správné technologie je základním kamenem systémové architektury. Není to jen o nejnovějších trendech; jde o výběr technologií, které jsou kompatibilní se stávajícími prostředky nebo je zcela nahrazují, a mohou se přizpůsobit nejen vlastním potřebám, ale i aliančním partnerům. „[Mě]ly by se zhodnotit silné stránky a omezení různých technologií s ohledem na faktory, jako je výkon, zabezpečení, udržitelnost a cena v letech. Open source versus proprietární řešení, databázové systémy a cloudové služby, domácí zbrojní průmysl jsou klíčovými komponenty, které ovlivní současný i budoucí výkonost systému.“ [1]

Důležité je se ujistit, že je „[vy]važována inovace s praktičností a jsou voleny osvědčené a kompatibilní technologie“ [1], které dokážou zajistit kooperaci pro zabezpečení technologické a materiální nadvlády nad potencionálním nepřítelem.

K výběru technologií je nezbytné využívat moderní simulační nástroje – digitální dvojčata za účelem zjištění rozdílů mezi soudobou používanou technologií a následnou generací pořizovanou jako náhradu zastarávajícího systému pro analýzu, zda tato výměna přináší kýžený efekt.

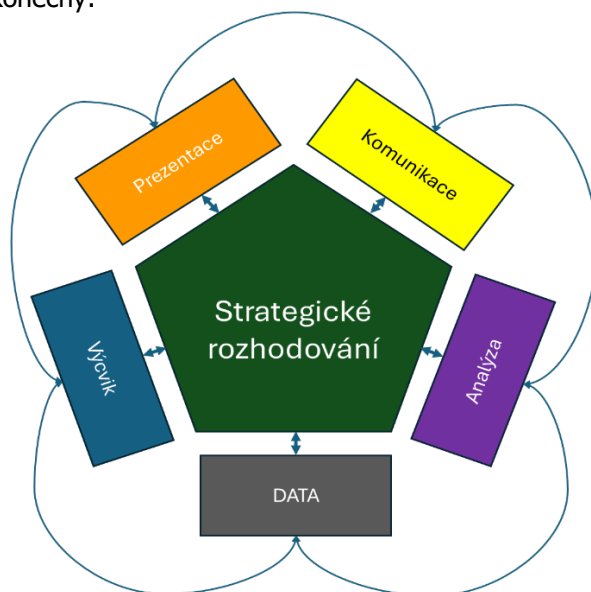
5 BEZPEČNOST ARCHITEKTURY

„[B]ezpečnost a zabezpečení je v architektuře systému pro výstavbu sil prvořadá. Je nutné předvídat potenciální hrozby a začlenit bezpečnostní opatření do každé části systému. To zahrnuje nejen ochranu dat pomocí šifrování a bezpečného řízení přístupu, ale také navrhování opatření pro odolnost“ [1] a druh použité metody obrany proti útokům ve všech doménách.

Strategické rozhodování v oblasti výstavby ozbrojených sil je klíčovým prvkem pro zajištění národní bezpečnosti, udržení vojenské připravenosti, efektivního fungování armádních složek a využití limitovaných zdrojů. Z důvodu komplexnosti, rychlosti technologického pokroku a rostoucích bezpečnostních výzev je nezbytné implementovat systémy, které dokážou efektivně podporovat tato rozhodnutí. Moderní technologie a pokročilé metody modelování a simulace hrají stále větší roli v optimalizaci těchto procesů.

6 ARCHITEKTURA SYSTÉMŮ PRO PODPORU STRATEGICKÉHO ROZHODOVÁNÍ

Architektura systémů pro podporu strategického rozhodování musí být modulární, aby umožňovala flexibilitu a adaptabilitu na různé potřeby a měnící se podmínky a zahrnuje několik klíčových komponent, jejichž výčet nemusí být konečný:



Obr. 3 Architektura systémů pro podporu strategického rozhodování
Zdroj: [vlastní]

1. **Datová vrstva a úložiště:** Datová vrstva zahrnuje sběr, zpracování a ukládání velkého množství dat z různých zdrojů. Může se jednat o data z operací, průzkumných misí, satelitů, radarových systémů, ekonomických analýz, zpravodajských agentur a také počtů, charakteristik a vlastností nejen vojenské techniky a materiálu. Kvalita a aktuálnost těchto dat je klíčová pro správné strategické rozhodování. Centralizovaná úložiště dat pak umožňují odpovědným osobám snadný přístup k relevantním informacím.

Možné typy dat:

- Operativní vojenská data (pohyb vojsk, manévry)
- Data pro krizové řízení
- Informační systémy logistiky
- Personální, finanční a zdravotní systém
- Provozní údaje pro komunikační a informační systémy
- Ekonomická a demografická data

- Informace zpravodajských služeb
 - Informace z médií
 - Technologická data stávající i nové vojenské technologie
 - Data sdílená v rámci aliance
2. **Analytická vrstva a nástroje:** Analytická vrstva zahrnuje nástroje (SW²) a techniky pro zpracování, analýzu, interpretaci dat a predikci budoucích trendů. To zahrnuje statistické analýzy, prediktivní modelování, umělou inteligenci (AI³) a strojové učení. Podle Mazala (2022) jsou pro ozbrojené síly klíčové zejména nástroje pokročilé simulace a modelování různých scénářů operačních činností a charakteristik technologií, umožňující lepší pochopení následků různých strategických rozhodnutí a jejich případné dopady na výstavbu a efektivnost vynaložených finančních zdrojů. Digitální dvojčata neboli modely reálných systémů, mohou poskytovat nástroje umožňující hluboký odborný a profesionální ponor do komplexních problémů struktur jednotek a jejich externích bojových podpor, umožňující strategickým plánovačům přijímat erudovaná rozhodnutí.

Možné analytické techniky:

- Simulace bojových scénářů
 - Digitální dvojčata – modely techniky a manévru
 - Optimalizace logistických řetězců
 - Analýza rizik spojených s různými vojenskými operacemi
 - Predikce vývoje geopolitické situace
3. **Prezentační vrstva:** Prezentační vrstva slouží k vizualizaci výsledků analýz a poskytuje přehledné rozhraní pro vojenské velitele a strategické plánovače. Pro tyto uživatele se předpokládá jednoduché a intuitivní uživatelské rozhraní analytických nástrojů, které umožňují interakci s aktuálními informacemi a daty. Navíc grafy, mapy, simulace a například interaktivní přehledy usnadňují pochopení komplexních dat a vedou k efektivnějšímu rozhodování v reálném čase.
4. **Komunikační vrstva a bezpečnost:** Pro efektivní řízení moderních ozbrojených sil je důležité, aby byly systémy schopné rychlé a bezpečné komunikace mezi různými úrovněmi velení, národními institucemi a mezinárodními partnery. Zajištění bezpečnosti dat a komunikace je proto jednou z priorit této vrstvy, jak je uvedeno v kapitole 3, Bezpečnost architektury.
5. **Vrstva pro výcvik a školení personálu:** Efektivní využití nových technologií vyžaduje důkladné školení a přípravu vojenského personálu, který zautomatizováním některých složitých postupů nejen lépe pochopí problematiku, ale bude ji také schopen využít v širším kontextu rozhodování. S využitím CPX⁴, CAX⁵ a válečných her⁶ si vojáci získají návyky pro úspěšné vedení bojové činnosti, na strategickém stupni pak plánovači mohou dosáhnout efektivnějších metodik.

7 ROLE SYSTÉMŮ PRO PODPORU STRATEGICKÉHO ROZHODOVÁNÍ

Systémy pro podporu rozhodování (DSS⁷) budou navrženy tak, aby poskytovaly relevantní data, analýzy a modelování pro usnadnění komplexních rozhodovacích procesů. V kontextu ozbrojených sil plní několik základních funkcí:

- Podporu při plánování kapacit a rozvoje armádních jednotek, přičemž systémy pomáhají určit potřeby výzbroje, personálu a infrastruktury.

² SW – software (programové vybavení)

³ AI – Artificial Intelligence

⁴ CPX – Commandpost Exercise (velitelsko-štábní cvičení)

⁵ CAX – Computer Assisted Exercise (cvičení s počítačovou podporou)

⁶ Wargaming

⁷ Decision Support Systems

- Optimalizace zdrojů znamená efektivní přidělování omezených zdrojů (finančních, lidských, materiálních) a je zásadní pro udržení rovnováhy mezi obrannými potřebami a rozpočtem.
- Prognózy a simulace hrozeb, potenciálních konfliktů, geopolitických změn a vývoje vojenských technologií jsou klíčové pro strategické plánování.
- Podpora interoperability a sdílení informací je vzhledem ke stále častější spolupráci se spojeneckými silami nezbytnou funkcí k dosažení plnění cílů strategických rozhodnutí.

ZÁVĚR

Cílem článku bylo nastítnit pravděpodobnou architekturu systémů pro podporu strategického rozhodování v národním kontextu výstavby ozbrojených sil, která musí být modulární, flexibilní a použitelná, navíc akceptující optimální cestu využití dostupných finančních zdrojů, dílčím cílem bylo připravit teoretický rámec pro další bádání v této oblasti.

S rostoucími technologickými možnostmi dochází k neustálému vývoji těchto architektur, je zde očividný vliv prostředků umělé inteligence, strojového učení a dalších nástrojů pro predikci vývoje konfliktů a hrozeb. Prostředky budou masívněji využívány pro automatizované rozhodování ve specifických situacích, kdy časová náročnost neumožňuje lidský zásah jako zlepšená kybernetická bezpečnost a ochrana kritických dat. Je nutné se zabývat myšlenkou zapojení pokročilých simulačních systémů pro trénink a přípravu vojenského personálu na komplexních scénářích.

Využití digitálního dvojčete v rámci akvizicí u ozbrojených sil může pomoci lépe pochopit souvislosti mezi lidským chápáním řešeného problému a výsledky modelování simulačních nástrojů. Moderní aplikační technologie mohou výrazně zvýšit efektivitu a přesnost strategického rozhodování, a proto je důležité je používat, chápat jejich smysl, a ne se snažit je zavrhnout nebo obcházet.

Použitá literatura

- [1] *Here's how you can navigate key factors making.* Online. LinkedIn. Dostupné z: <https://1url.cz/K18en>. [cit. 2025-02-18].
- [2] MAZAL, Jan; ZEŽULA, Jan; PROCHÁZKA, Josef a PROCHÁZKA, Dalibor. Využití modelování a simulace v procesu optimalizace výstavby ozbrojených sil České republiky. Online. *Vojenské rozhledy*. Dostupné z <https://1url.cz/c18eA>.
- [3] Ministerstvo obrany České republiky. 20 let Armády České republiky. Praha: Ministerstvo obrany České republiky, 2013. ISBN 978-80-7278-617-7, s. 69. Dostupné také z: https://mocr.mo.gov.cz/assets/multimedia-a-knihovna/publikace/20-let-acr/acr_cs.pdf.
- [4] ORTMANN, Matyáš. Umělá inteligence v bojových simulacích: Jak AI mění výcvik vojáků NATO a AČR. Online. *Czech Army and Defence Magazine*. Dostupné z <https://1url.cz/E18Qr>.
- [5] *NWCC Glossy.* Online. NATO. Dostupné z <https://1url.cz/Ou431>. [cit. 2025-02-18].
- [6] *Defence Expenditure of NATO Countries (2014-2024).* Online. NATO. Dostupné z <https://1url.cz/s1XbF>. [cit. 2025-02-18].

VÝZNAM PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBY PRO PROVOZ VOJENSKÉ TECHNIKY

THE IMPORTANCE OF PREDICTIVE MAINTENANCE FOR THE OPERATION OF MILITARY EQUIPMENT

Petr PROCHÁZKA¹, Martin VLKOVSKÝ²

Abstrakt

Prediktivní údržba je v současnosti klíčovou součástí mnoha průmyslových odvětví, jako jsou výroba, energetika, letectví nebo automobilový průmysl. Článek se zaměřuje na údržbu podle skutečného stavu (Condition-Based Maintenance, CBM), která se ukazuje jako efektivní, protože umožňuje údržbu provádět právě tehdy, když je to skutečně potřeba, čímž se šetří náklady a zvyšuje spolehlivost zařízení. V kontextu provozu pozemní vojenské techniky (PVT) představuje metoda CBM cenný nástroj pro racionalizaci provozu a zvýšení operační dostupnosti. Tento článek se zabývá analýzou výhod a výzev spojených s implementací CBM do prostředí Armády České republiky (AČR).

Klíčová slova:

prediktivní údržba, CBM, pozemní vojenská technika

Abstract

Predictive maintenance is now a key part of many industries such as manufacturing, energy, aerospace and automotive. This paper focuses on Condition-Based Maintenance (CBM), which is proving to be effective because it allows maintenance to be performed when it is actually needed, thus saving costs and increasing equipment reliability. In the context of military ground equipment operations, CBM is a valuable tool for streamlining operations and increasing operational availability. This paper analyzes the benefits and challenges associated with the implementation of CBM in the Armed Forces of the Czech Republic.

Keywords:

predictive maintenance, CBM, ground military equipment

ÚVOD

Údržba pozemní vojenské techniky (PVT) je klíčovým faktorem ovlivňující bojovou připravenost a celkovou operační efektivitu ozbrojených sil. Správné plánování a provádění údržby umožňuje nejen snížit riziko selhání během nasazení, ale také racionalizovat náklady na provoz, prodloužit životnost techniky a zvýšit pohotovost bojových a podpůrných vozidel. V současné době jsou údržbové strategie v Armádě České republiky (AČR) výhradně založeny na preventivní údržbě a opravách po poruše. Tyto metody však často vedou k neefektivnímu využívání zdrojů a zbytečným výměnám funkčních komponent, přičemž nereflktují neočekávané poruchy, které snižují provozní dostupnost vozidel v kritických okamžicích.

V reakci na tyto problémy se stále více prosazuje údržba podle skutečného stavu (Condition-Based Maintenance, CBM), která umožňuje monitorovat technický stav vozidla a provádět údržbu pouze tehdy, když je to skutečně potřeba. CBM využívá data ze senzorů, pokročilé analytické metody a prediktivní modely k identifikaci opotřebení nebo potenciální poruchy ještě před jejich skutečným selháním. Tento přístup je široce využíván v civilním sektoru, např. v letectví, automobilovém průmyslu a v železniční dopravě. V oblasti vojenské techniky se CBM již úspěšně uplatňuje v leteckých a námořních silách, kde vysoká provozní spolehlivost hraje zásadní roli [1];[2];[3].

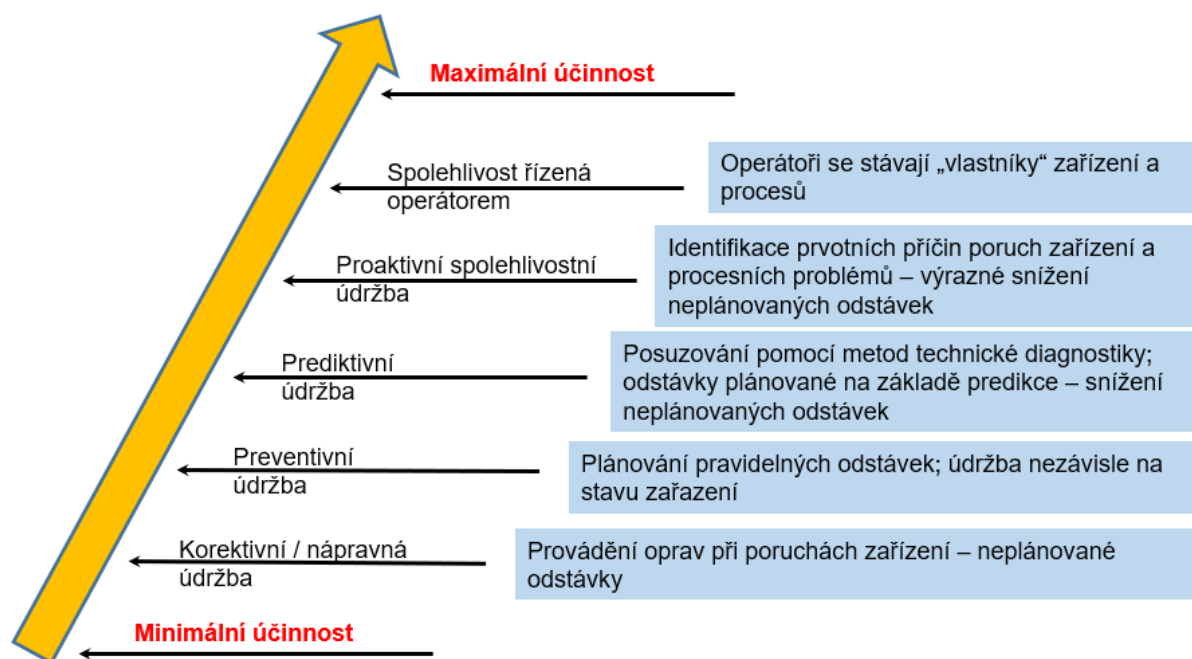
¹ **npor. Ing. Petr Procházka**, Katedra logistiky, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, petr.prochazka6@unob.cz

² **plk. gšt. doc. Ing. Martin Vlkovský, Ph.D.**, Katedra logistiky, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, martin.vlkovsky@unob.cz

V oblasti údržby PVT, zejm. v prostředí AČR, však dosud nedošlo k plné implementaci CBM, ačkoli by tento přístup mohl přinést významné provozní i ekonomické výhody.

1 VÝVOJ STRATEGIE ÚDRŽBY

Strategie údržby prošla významným vývojem, který odráží změny v technologii, metodikách a organizačních přístupech (viz Obrázek 1). Historie údržby byla původně založena na reaktivním přístupu, kdy se údržba prováděla až po selhání komponent. Tento model, známý jako korektivní údržba, znamenal vysoké náklady na opravy a neplánované odstávky, které narušovaly operativní dostupnost techniky. V reakci na tento problém se začala prosazovat preventivní údržba, která byla zaměřena na pravidelnou kontrolu a výměnu komponent na základě pevně stanovených intervalů. I když tento přístup přinesl jisté zlepšení, stále se setkával s nedostatky, jako byly zbytečné výměny funkčních komponent a neoptimální využívání zdrojů, protože údržba byla prováděna bez ohledu na skutečný technický stav zařízení [2];[4].



Obr. 1 Strategické pojetí údržby
Zdroj: [2]

V reakci na tyto výzvy došlo k vývoji údržby podle skutečného stavu (Condition-Based Maintenance, CBM), která umožňuje monitorování stavu zařízení v reálném čase a provádění údržby pouze tehdy, když to aktuální stav zařízení vyžaduje. Tento přístup vede k výraznému snížení nákladů na údržbu a zajišťuje vyšší provozní dostupnost zařízení, protože eliminuje neplánované poruchy a optimalizuje časové intervaly pro údržbové zásahy. CBM tak přináší efektivitu a spolehlivost, které jsou klíčové pro optimální využívání technických prostředků [5].

S rozvojem senzorových technologií, automatizace a pokročilých analytických nástrojů v oblasti údržby se stále více prosazuje prediktivní údržba. Tento přístup využívá sběr dat v reálném čase k předvídání poruch a určení optimálních okamžiků pro údržbu. Pokročilé technologie, jako jsou Internet věcí (IoT) a analytika velkých dat (Big Data), umožňují komplexní analýzu těchto dat a zajišťují další zefektivnění údržbových procesů. V tomto směru se stále více využívají i inteligentní systémy údržby, které zahrnují automatizované plánování údržby, správu náhradních dílů a optimalizaci logistických procesů. Tímto způsobem je dosaženo snížení nákladů, zvýšení spolehlivosti a zlepšení životnosti zařízení [6].

Tento vývoj ukazuje, jak se údržba vyvíjí směrem k digitalizovaným a automatizovaným systémům, které umožňují optimalizaci celkového životního cyklu zařízení. V současnosti je údržba stále více integrována do širších logistických a výrobních procesů, což vede k lepší koordinaci, efektivitě a k

efektivnějšímu využívání zdrojů. Tato změna v přístupu k údržbě tak přináší významné zlepšení v oblasti výkonu a nákladové efektivity jak pro průmyslové, tak i pro vojenské aplikace.

2 ZAMĚŘENÍ NA ÚDRŽBU PODLE SKUTEČNÉHO STAVU

Údržba podle skutečného stavu (Condition-Based Maintenance, CBM) představuje strategii údržby založenou na monitorování aktuálního stavu zařízení a predikci jeho budoucího chování. Jejím cílem je provádět údržbu přesně v okamžiku, kdy je to nezbytné, čímž snižuje provozní náklady a zvyšuje dostupnost technických systémů [1].

CBM využívá sensorová data, analytické metody a prediktivní modely k monitorování stavu zařízení. Základním principem CBM je kontinuální sběr a analýza dat o degradaci systémů prostřednictvím technologií, resp. technické diagnostiky. K nastavení vhodných funkcí je nezbytné definovat odpovídající parametry, které jsou následně monitorovány a vyhodnocovány prostřednictvím různých diagnostických metod, mezi které patří například:

- vibrodiagnostika – slouží ke sledování rotujících částí zařízení;
- tribodiagnostika – zaměřuje se na diagnostiku hydraulických systémů a analýzu maziv;
- termodiagnostika – umožňuje bezkontaktní měření teploty;
- hluková diagnostika – využívá se pro měření hluku, zejména u rotačních strojů;
- endoskopická diagnostika – umožňuje kontrolu obtížně přístupných míst pomocí speciálních optických systémů;
- interferometrická diagnostika – využívá interferenci odražených optických vln k detekci defektů;
- ultrazvuková diagnostika – hodnotí odrazivost ultrazvukových vln v důsledku změn materiálu;
- elektromagnetická diagnostika – využívá měření vířivých proudů k lokalizaci korozních poškození;
- radiologická diagnostika – umožňuje detekci materiálových vad pomocí rentgenového záření [2];[7].

Implementace CBM vyžaduje propojení několika klíčových prvků:

1. Sběr dat v reálném čase – pomocí senzorů se monitorují kritické parametry techniky.
2. Diagnostická analýza a detekce poruch – algoritmy zpracovávají data a identifikují abnormality.
3. Prognóza degradace a stanovení údržbových zásahů – využívají se matematické modely (např. Markovovy procesy, Bayesovské modely, nebo strojové učení).
4. Optimalizace plánování údržby – na základě prediktivní analýzy se určuje optimální čas a způsob zásahu.

V posledních letech bylo vyvinuto několik optimalizačních modelů CBM, které využívají například Nested Lévy copulas pro analýzu stochastických závislostí mezi součástmi systému nebo Monte Carlo simulace k optimalizaci údržbových zásahů. S rozvojem Internetu věcí (IoT), umělé inteligence (AI) a strojového učení se očekává další automatizace a zlepšení přesnosti predikcí. Kombinace CBM s řízením produkce (Condition-Based Production, CBP) navíc umožní dynamickou racionalizaci nejen údržby, ale i provozního výkonu zařízení [6];[7];[8].

3 ANALÝZA VÝHOD A VÝZEV IMPLEMENTACE CBM

Implementace CBM ve vojenském prostředí přináší řadu výhod, které jsou zásadní pro zajištění efektivity a spolehlivosti vojenské techniky. Hlavní výhodou je zvýšení provozní dostupnosti techniky, což je klíčové pro efektivní nasazení a operace, zejména v krizových obdobích. Vzhledem k tomu, že CBM umožňuje včasné detekování poruch a plánování údržby na základě skutečného technického stavu zařízení, minimalizuje neplánované odstávky a zbytečné náklady na údržbu. Tento přístup také poskytuje vojenským silám větší flexibilitu při plánování a řízení údržbových činností, což vede k nižším nákladům na provoz a lepšímu využití existujících zdrojů. Na rozdíl od časově řízené údržby, kde jsou údržbové zásahy prováděny bez ohledu na skutečný stav, CBM minimalizuje riziko předčasných výměn komponent, což přispívá k prodloužení životnosti techniky.

Další výhodou je racionalizace logistiky a zásobování. Systémy monitorování stavu umožňují dynamické plánování náhradních dílů, což snižuje náklady na jejich skladování a zajišťuje, že technika je vybavena jen těmi díly, které jsou skutečně potřebné. Tento přístup také umožňuje lepší reakci na konkrétní potřeby během operací, protože údržba může být plánována v souladu s provozními požadavky, místo aby byla prováděna na základě pevných časových intervalů. CBM také poskytuje včasné varování před poruchami, což umožňuje preventivní zásahy, čímž se předchází větším poruchám a nákladným opravám.

Nicméně, proces implementace CBM (ve vojenském prostředí) čelí také několika zásadním výzvám. Provozní podmínky vojenské techniky jsou často extrémní, zahrnující vysoké teplotní výkyvy, prach, vlhkost a mechanické nárazy, což může negativně ovlivnit spolehlivost senzorů a akurátnost monitorovaných dat. Kromě toho je nutné zajistit odolnost senzorů a diagnostických systémů v těchto extrémních podmínkách, což znamená vyšší investice do technologií a jejich testování. Další výzvou je kompatibilita mezi různými platformami vojenské techniky, což může vést k problémům s integrací různých diagnostických systémů. Různé typy techniky mohou mít různé požadavky na diagnostiku, což komplikuje implementaci jednotného systému CBM napříč různými platformami.

V neposlední řadě, implementace CBM vyžaduje vysokou úroveň školení personálu a přizpůsobení stávajících logistických a údržbových procesů novým technologickým nárokům. Kybernetická bezpečnost je další zásadní výzvou. Vojenské zařízení, které je připojeno k síti pro sběr dat a analýzu, musí být chráněno proti kybernetickým hrozbám, které mohou ohrozit jak integritu dat, tak i operační bezpečnost. Kromě toho musí být zabezpečeno propojení mezi jednotlivými systémy údržby, což vyžaduje vysokou úroveň standardizace a interoperability [1];[2];[4].

ZÁVĚR

Implementace CBM do vojenského prostředí, zejména do oblasti provozu PVT, nabízí významný potenciál pro racionalizaci systému údržby a oprav, včetně zvýšení spolehlivosti a snížení nákladů na údržbu. Díky využití senzorových technologií, prediktivních modelů a pokročilých analytických nástrojů umožňuje CBM provádět údržbu pouze tehdy, kdy je to skutečně potřebné, čímž minimalizuje neplánované odstávky a předčasnou výměnu funkčních součástí. Tímto způsobem je možné zvýšit provozní dostupnost techniky, což je klíčové pro její nasazení v krizových a bojových podmínkách, kde každé zpoždění nebo porucha může mít fatální následky.

Nicméně, proces implementace CBM v AČR čelí několika významným výzvám, které byly v tomto článku identifikovány a popsány. Pro úspěšné zavedení je nezbytné postupně investovat do modernizace technologických systémů, vzdělávání personálu a rozvoje infrastruktury, aby tento přístup přinesl očekávané výhody v podobě vyšší spolehlivosti, nižších nákladů na údržbu a zvýšené operační efektivity. Další rozvoj v oblasti Internetu věcí (IoT), umělé inteligence (AI) a strojového učení poskytne nové možnosti pro automatizaci a optimalizaci procesů v rámci CBM, což povede k racionálnějšímu provozu vojenské techniky.

Použitá literatura

- [1] VERHAGEN, Wim J. C.; SANTOS, Bruno F.; FREEMAN, Floris; VAN KESSEL, Paul; ZAROUCHAS, Dimitrios; LOUTAS, Theodoros; YEUN, Richard C. K. a HEIETS, Iryna. Condition-based maintenance in aviation: challenges and opportunities. Online. *Aerospace*. 2023, roč. 10, č. 9. ISSN 2226-4310. DOI: 10.3390/aerospace10090762. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2226-4310/10/9/762>. [cit. 2025-02-21].
- [2] TICHÝ, Tomáš. *Uplatnění prediktivní diagnostiky u dopravních systémů a kritické infrastruktury v kontextu vojenské mobility*. [Studie]. Brno: Ministerstvo obrany ČR, 2024. Výstup projektu DZRO INTAL – Implementace nových technologií a postupů do logistické podpory Armády České republiky. Grant INTAL č. DZRO-FVL22-INTAL. 61 s.
- [3] DRIGGERS, Tom a SHEARER, Cari. Condition-based maintenance requires data sharing. Online. *National Defense Magazine*. 2023-04-19. Dostupné z:

- <https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2023/4/19/condition-based-maintenance-requires-data-sharing>. [cit. 2025-02-21].
- [4] KONEČNÝ, Vlastimil. *Optimalizace systému údržby pozemní vojenské techniky na základě provozních nákladů LCC*. [dizertační práce]. Brno: Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií. 2024. 292 s. Vedoucí práce: FURCH, Jan.
- [5] CHEN, Yuan; QIU, Qingan a ZHAO, Xian. Condition-based opportunistic maintenance policies with two-phase inspections for continuous-state systems. Online. *Reliability Engineering & System Safety*. 2022, roč. 228. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2022.108767. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022003908>. [cit. 2025-02-21].
- [6] UIT HET BROEK, Michiel A. J.; TEUNTER, Ruud H.; DE JONGE, Bram a VELDMAN, Jasper. Joint condition-based maintenance and condition-based production optimization. Online. *Reliability Engineering & System Safety*. 2021, roč. 214. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2021.107743. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095183202100274X>. [cit. 2025-02-21].
- [7] LI, Heping; ZHU, Wenjin; DIEULLE, Laurence a DELOUX, Estelle. Condition-based maintenance strategies for stochastically dependent systems using Nested Lévy copulas. Online. *Reliability Engineering & System Safety*. 2022, roč. 217. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2021.108038. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021005457>. [cit. 2025-02-21].
- [8] WANG, Jingjing; QIU, Qingan; WANG, Huanhuan a LIN, Cong. Optimal condition-based preventive maintenance policy for balanced systems. Online. *Reliability Engineering & System Safety*. 2021, roč. 211. ISSN 0951-8320. DOI: 10.1016/j.ress.2021.107606. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021001514>. [cit. 2025-02-21].

RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST V KRIZOVÉM ŘÍZENÍ

RADIATION EMERGENCY EVENT IN CRISIS MANAGEMENT

Radka RYPL DUŠKOVÁ¹

Abstrakt

Radiační mimořádné události představují specifický typ krizové situace, který vyžaduje cílenou a efektivní reakci krizového řízení. Efektivní řízení takových situací vyžaduje rychlou identifikaci hrozby, koordinovanou reakci mezi jednotlivými složkami státní správy, záchrannými složkami a mezinárodními organizacemi. Tento článek se zaměřuje na klíčové faktory krizového řízení v případě radiační mimořádné události, včetně prevence, ochrany veřejnosti a komunikace s médii a obyvatelstvem. Dále je zkoumána role mezinárodní spolupráce při řízení přeshraničních radiačních událostí. Analýzou minulých radiačních mimořádných událostí a získaných zkušeností tento článek poskytuje náhledy na zlepšení systémů krizového řízení a posílení odolnosti vůči těmto vysoce rizikovým incidentům.

Klíčová slova:

radiační mimořádná událost, krizové řízení, ochrana obyvatelstva, civilní ochrana

Abstract

Radiation emergency events represent a specific type of crisis that requires targeted and effective crisis management responses. Effective management of such situations requires rapid threat identification, coordinated response between government agencies, emergency services, and international organizations. This article focuses on the key factors of crisis management in the case of a radiation emergency, including prevention, public protection, and communication with the media and the public. Additionally, the role of international cooperation in managing cross-border radiation events is examined. By analysing past radiation emergencies and the lessons learned, this paper provides insights into improving crisis management systems and enhancing resilience in the face of such high-stakes incidents.

Key words:

radiation emergency event, crisis management, population protection, civil protection

ÚVOD

Radiační mimořádná událost představuje závažnou hrozbu, která vyžaduje rychlou a efektivní reakci v rámci krizového řízení. Tento typ události, ať už jde o havárii jaderné elektrárny, únik radioaktivního materiálu, nebo jiný incident spojený s radiací, může mít devastující dopad na zdraví obyvatelstva, životní prostředí i infrastrukturu. Krizové řízení v těchto situacích musí být pečlivě koordinováno, protože úspěšnost zásahů a prevence následků závisí na rychlosti, informovanosti a připravenosti všech složek systému.

Používání zdrojů ionizujícího záření (ZIZ) v různých odvětvích medicíny, průmyslu, zemědělství a výzkumu stále roste a zákonitě je spojeno s možností vzniku nehod a havárií. Je však jen málo oblastí lidské činnosti, kde byla zároveň s rozvojem aplikací věnována taková pozornost zajištění jejich bezpečnosti z hlediska ochrany zdraví, jako je používání ZIZ. Přesto však nelze absolutně vyloučit, že k neplánovanému ozáření lidí nedojde [1; 2]. Radiační mimořádné události tedy mohou být neúmyslné nebo úmyslné (např. způsobené teroristy) [3]. Následná likvidace radiačních nehod a havárií vyžaduje pak velmi rychlé operativní rozhodování vedoucí k realizaci opatření na ochranu zdraví pracovníků a obyvatel a opatření na ochranu majetku a životního prostředí [1; 2].

¹ **PhDr. Radka Rypl Dušková**, Katedra teorie vojenství, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, Czech Republic, 00420732211814, radka.ryplduskova@unob.cz

1 RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÁ UDÁLOST

Radiační mimořádná událost (RMU) představuje událost důležitou z hlediska jaderné bezpečnosti nebo radiační ochrany, která vede nebo může vést k nepřipustnému uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření, případně ke vzniku radiační nehody nebo radiační havárie. Radiační mimořádné události různého stupně závažnosti jsou při současném celosvětovém objemu radiačních činností doslova na denním pořádku. Zdaleka nejvíce mimořádných událostí tvoří tzv. **radiologické události**, tj. mimořádné události spojené s chybnou iradiací pacientů při zdravotnických úkonech spojených s využíváním ZIZ. Další velkou třídou mimořádných událostí jsou incidenty různého stupně závažnosti spojené s provozováním jaderných reaktorů, ať už energetických, nebo výzkumných [4; 5].

Neplánované ozáření či rozptyl radioaktivních látek je mimořádnou situací, vznikající nejednou překvapivými a nepředpokládanými mechanismy a končící velmi různorodými následky. Základní rozdělení RMU je rozdělení na radiační nehody a radiační havárie. **Radiační nehodou** (událostí prvního a druhého stupně) rozumíme událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustné ozáření osob. Jako **radiační havárii** (událost třetího stupně) označujeme potom radiační nehodu, která vyžaduje opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. Důsledky radiačních nehod se zpravidla omezují na prostory pracoviště se ZIZ, radiační havárie pak ovlivňují i jeho okolí zejména únikem radioaktivních látek do životního prostředí [1; 4].

V České republice je řízení radiačních mimořádných událostí upraveno zákonem č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů [5]. RMU tedy dělíme na 3 kategorie [4; 5]:

- **Mimořádné události 1. stupně** jsou události, zvládnutelné silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti radiační mimořádná událost vznikla. Mohou mít za následek nepřipustné ozáření osob, nejčastější příčinou bývá ztráta kontroly nad ZIZ. Zpravidla jsou omezeny pouze na prostory se ZIZ. Počet zasažených osob se nejčastěji pohybuje v rozmezí 1 až 10.
- **Mimořádné události 2. stupně (radiační nehody)** jsou události většího rozsahu, omezené zpravidla na areál pracoviště se ZIZ. Radiační nehodou je radiační mimořádná událost nezvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti radiační mimořádná událost vznikla, nebo vznikla v důsledku nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která nevyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo. Počet zasažených osob se může pohybovat v řádu desítek až stovek. Zpravidla souvisí s únikem radionuklidů mimo kontrolované pásmo (KP). Během radiačních nehod postupujeme dle Vnitřního havarijního plánu a zásahových instrukcí.
- **Mimořádnými událostmi 3. stupně (radiační havárie)** nazýváme události vyžadující mimořádná opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí před účinky radioaktivního zamoření. Radiační havárie je nezvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti radiační mimořádná událost vznikla, nebo vznikla v důsledku nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo (jódová profylaxe, dočasné, nebo dokonce trvalé přesídlení apod.).

2 MEZINÁRODNÍ STUPNICE HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI JADERNÝCH UDÁLOSTÍ

Roku 1990 byla zavedena mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES (International Nuclear Event Scale), která rozlišuje 8 základních stupňů závažnosti radiačních událostí (viz Tabulka 1). Tato stupnice byla zavedena Mezinárodní agenturou pro jadernou energii (IAEA) a Agenturou pro jadernou energii Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD/NEA). Jejím primárním účelem je usnadnit komunikaci mezi odborným nukleárním společenstvím, sdělovacími prostředky a veřejností v případech výskytu událostí na jaderných zařízeních či událostí spojených s radioaktivním materiálem nebo s iradiací, včetně přepravy radioaktivních materiálů [4].

Stupnice zařazuje události do sedmi stupňů: stupně 1 až 3 se označují jako **nehody**, stupně 4 až 7 se označují jako **havárie**. Události, které nemají žádný bezpečnostní význam a jsou klasifikovány stupněm 0 (pod stupnicí), se nazývají **odchylky**. Události, které vůbec nesouvisejí s bezpečností, se označují jako události **mimo stupnici** [6].

Tab. 1 Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných událostí INES

Stupeň	Událost	
7	Havárie	velmi těžká havárie
6		těžká havárie
5		havárie s účinkem vně zařízení
4		havárie bez vážného rizika vně zařízení
3	Nehoda	vážná nehoda
2		nehoda
1		anomálie
0	Odchylka	odchylka bez vlivu na bezpečnost

Zdroj: [4; 6; 7]

Informace o aktuálních událostech hodnocených INES lze najít na webových stránkách. Od roku 2001 byl celý systém hlášení událostí převeden do elektronické formy, jejíž výstup je propojen do webové stránky – Nuclear Events Web-based System (NEWS). NEWS se tak stal od 31. března 2002 oficiálním informačním kanálem mezinárodního informačního systému INES. NEWS je provozován ve spolupráci IAEA, OECD/NEA a WANO. Za provoz systému zodpovídá Divize jaderné bezpečnosti IAEA. Národním koordinátorem České republiky pro hlášení událostí klasifikovaných podle INES je Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) [8].

3 KRIZOVÉ ŘÍZENÍ – KLÍČOVÉ FAKTORY

Krizové řízení je zásadní pro minimalizaci potenciálních škod a pomáhá při rychlejší obnově. Pochopení definice a historie krizí a krizového řízení je nezbytné pro efektivní řešení krizí [9]. Krizové řízení se zabývá schopností osob, institucí nebo organizací reagovat na hrozbu nebo ji zmírnit. Zahrnuje reakci na krizi při vytváření situačního povědomí, komunikaci (napříč sektory), přijímání rozhodnutí a vytváření narativů o krizi v podmínkách naléhavosti a nejistoty [10; 11]. V související oblasti zmírňování zahrnuje krizové řízení úsilí v oblasti prevence, připravenosti a rekonstrukce. Úzce tedy souvisí s řízením rizik katastrof, budováním kapacit, snižováním rizika katastrof, odolností a koordinací krizí jako doplňkové pojmy pro popis specifických aspektů krizového řízení [10].

Za prosazení požadavků radiační ochrany a bezpečnosti zdrojů v rámci státu nesou odpovědnost vlády a obvykle je realizují prostřednictvím systému, v němž prvořadou roli hraje kompetentní odborná organizace radiační ochrany. Odpovídají i za plánování a provedení akcí v rozdílných zásahových situacích. Obvykle zajišťují též určité podstatné služby ochrany a bezpečnosti, jež jsou mimo schopnosti právnických osob schválených pro činnosti nebo tyto služby doplňují [12].

Je tedy třeba, aby existovala *národní infrastruktura*, jež by usnadňovala vládě realizovat její odpovědnost za ochranu před zářením a bezpečnost zdrojů. Jejím podstatnými součástmi jsou – právní předpisy, orgán radiační ochrany a bezpečnosti zdrojů záření, zmocněný schvalovat a dozírat na činnosti a prosazovat předpisy do praxe; dostatečné zdroje a přiměřený stav vyškoleného personálu. Plné a správné zajištění radiační ochrany vyžaduje, aby *regulující orgán* radiační ochrany ustavený vládou reguloval zavádění a provádění jakékoli činnosti zahrnující zdroje záření. V ČR roli regulujícího orgánu plní Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) [12].

Základní principy havarijního plánování a odezvy jsou shodné pro všechny typy nehod a havárií. Lišit se bude volba jednotlivých opatření a časový sled jejich provádění. Volba ochranných opatření závisí na povaze nehody nebo havárie, délce jejího trvání a zasažené oblasti. Kromě málo pravděpodobných radiačních havárií jaderných elektráren (JE), jsou častější radiační nehody, příp. havárie se ZIZ během

jejich výroby, přepravy nebo použití, či nesprávného zacházení, ztráty nebo odcizení, poškození zdroje nebo jeho stínění apod. [1].

Provozovatel pracoviště se ZIZ zodpovídá za plánování a případné zavedení neodkladných opatření zmírňující dopady havárie – ochranu lidí v areálu pracoviště, vyrozumění příslušných úřadů a poskytnutí všech potřebných informací, doporučení a technické pomoci, varování obyvatelstva v okolí pracoviště. V okolí JE zodpovídá za ochranu obyvatelstva místní státní správa, na celostátní úrovni pak vláda. Do zodpovědnosti ústředních orgánů a vlády patří zejména organizace následných opatření, která nevyžadují okamžitou implementaci a přesahují svým rozsahem kompetence či možnosti nižších územních správních celků [1].

4 PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ V RÁMCI RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Preventivní opatření v rámci předcházení RMU zahrnují několik důležitých oblastí, které pomáhají minimalizovat riziko ozáření a ochránit zdraví obyvatelstva, současně v širším slova smyslu lze v rámci přípravy na krizovou situaci k preventivním opatřením zahrnout i opatření z oblasti krizové připravenosti [3]:

- **Vzdělávání a informovanost:**
 - **Pravidelné školení a informování veřejnosti** o riziku radiačních událostí a správných postupech v případě havárie.
 - **Vytvoření a distribuce informačních materiálů** o chování v případě radiační havárie (letáky, brožury, online zdroje).
 - **Seznámení obyvatel s nouzovými plány** a evakuačními trasami.
- **Vybudování a údržba evakuačních plánů:**
 - **Evakuační plány** pro konkrétní oblasti v případě radiační havárie.
 - Zajištění **evakuačních tras a míst** pro ubytování obyvatelstva mimo oblast s rizikem ozáření.
 - Zajištění **evakuačních pomůcek** (doprava, nouzové zásoby, atd.).
- **Udržování zásob a ochranných pomůcek:**
 - **Zásoby potravin, vody a léků** pro několik dní až týdnů, v případě, že je oblast postižena radiačním zamořením.
 - Zajištění **ochranných masek a osobních ochranných pomůcek** (například speciální obleky, rukavice).
 - **Jódové tablety** pro ochranu štítné žlázy před radioaktivním jódem.
- **Radiační monitorování a včasné varování:**
 - **Instalace radiačních detektorů** a monitorovacích zařízení v okolí jaderných zařízení, průmyslových zón a dalších kritických lokalit.
 - **Vytvoření systému včasného varování** pro veřejnost v případě zvýšení radiace.
 - Pravidelná **kontrola radiace v oblasti** a vyhodnocování výsledků.
- **Zajištění krizového řízení:**
 - **Krizové plány** pro místní a státní úřady v případě radiační havárie.
 - **Cvičení a simulace** pro složky integrovaného záchranného systému (IZS) a pro veřejnost.
 - **Koordinace mezi státními a soukromými subjekty** pro rychlou reakci na mimořádné události.

Jaderná elektrárna (JE) je specifické a velmi komplexní zařízení, na kterém z hlediska ochrany zdraví a životů jejich pracovníků a obyvatel v jejím okolí před účinky ionizujícího záření je třeba zajistit nejen všechny požadavky radiační ochrany, nýbrž i řadu technických, organizačních a dalších požadavků vyplývajících z vlastní technologie JE. Tyto požadavky a jejich zajištění se souhrnně nazývají **jadernou bezpečností** (*defence in depth*). Jaderná bezpečnost je chápána jako stav a schopnost JE a osob ji obsluhujících zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo nedovolenému úniku radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezovat následky nehod. Tato definice naznačuje, že potenciální riziko JE spočívá v možnosti ztráty kontroly nad řízením štěpné řetězové reakce a v množství radioaktivních látek nahromaděných v aktivní zóně reaktoru během jeho provozu, zejména v souvislosti s jejich možnou disperzí do životního prostředí v důsledku nedovoleného úniku. Ani sebedokonalejší preventivní opatření nesníží pravděpodobnost výskytu závažnějších nehod zcela na nulu [13].

Program monitorování pracovišť JE poskytuje trvalou a úplnou informaci o příkonu ekvivalentních dávek a o objemové aktivitě radionuklidů v ovzduší v různých částech elektrárny, znalost těchto údajů je nutnou podmínkou pro uplatňování principu optimalizace radiační ochrany. Zároveň charakterizuje stav nejdůležitějších technologických součástí a může včas avizovat odchylky od normálního provozu a iniciovat nutná opatření. Vliv JE na okolní obyvatelstvo a na životní prostředí je dán především úrovní kvality technologického zařízení a úrovní řízení technologických procesů. Za normálního provozu slouží monitorování okolí jaderné elektrárny k potvrzování bezpečného provozu ve vztahu k okolí, v případě mimořádného úniku radionuklidů do prostředí je základním východiskem ke zhodnocení rizika tohoto úniku a jeho dopadu na obyvatelstvo [13].

Veškerá preventivní opatření by měla být pravidelně revidována a aktualizována na základě nových informací, technologických pokroků a zkušeností z podobných událostí.

5 OCHRANNÁ OPATŘENÍ V RÁMCI RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Radiační mimořádnou událostí je myšlena radiační událost, kdy je nutné přijmout opatření na ochranu zdraví osob. Opatření mají jednak vyloučit ozáření, které by způsobilo okamžité účinky záření, jednak na přijatelnou mez snížit riziko pozdních účinků záření [14]. Z hlediska časového průběhu radiační havárie se rozlišují v zásadě předúníková a úníková (časná) fáze a fáze poúníková (dlouhodobá, následná). V **časné fázi** lze očekávat vyšší dávkovými příkony (jak ze zevního ozáření, tak v důsledku vnitřní kontaminace – inhalace a od depozice na zemském povrchu) než ve fázi poúníkové. V **poúníkové fázi** lze očekávat již úplný přehled o radiační situaci v dotčených oblastech; dominantní část pokračujícího ozáření je způsobena zevním ozářením z depozitu a vnitřní kontaminací po požití radionuklidů v potravinách [1].

Z ochranných opatření se pro časnou fázi havárie plánují a příp. realizují **neodkladná ochranná opatření**, jakými jsou *vyrozumění odpovědných institucí, varování obyvatelstva, ukrytí, evakuace, jódová profylaxe, omezení pobytu osob, dekontaminace osob a poskytnutí speciální zdravotní péče* ozářeným a kontaminovaným osobám. V poúníkové fázi jsou aplikována **následná a dlouhodobá opatření**, jakými jsou *dekontaminace* určených kontaminovaných oblastí, budov, zařízení, *regulace potravních řetězců, veterinární a zemědělská opatření*, příp. i *přesídlení* osob z nejvíce kontaminovaných oblastí. Následná opatření se zavádějí až po získání spolehlivých údajů (výsledků monitorování) s ohledem na sociální, psychologické a ekonomické aspekty – společenské a ekonomické ztráty spojené s nepodloženými rozhodnutími mohou být vzhledem k délce trvání následných opatření značné. Je tedy důležité rozhodovat o provedení následných opatření na základě co nejúplnější informace s použitím co nejlepších odhadů možných dopadů jednotlivých uvažovaných variant [1].

Podobně jako jiné státy i Česká republika provozuje jako jeden z prostředků adekvátní reakce na radiační havarii – Celostátní radiační monitorovací síť (RMS). RMS je řízena Státním úřadem pro jadernou bezpečnost ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany [1]. Kritéria pro rozhodování o všech výše uvedených ochranných opatřeních a další podrobnosti o nich jsou uvedena v § 107 (Ochranná opatření v nehodové expoziční situaci) vyhlášky č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [4].

Úspěšné zvládnutí radiační mimořádné události závisí na připravenosti a koordinaci všech složek integrovaného záchranného systému, včetně zdravotnických pracovníků, kteří hrají klíčovou roli při poskytování první pomoci a následné péče o zasažené osoby [15].

6 KOMUNIKACE S MÉDII A VEŘEJNOSTÍ

Na náležitě vedené komunikaci s médii nebo veřejností může záviset úspěšná prevence či zvládnutí celé řady mimořádných událostí nebo krizových situací, včetně záchrany životů a materiálních hodnot. Naopak podcenění tohoto aspektu může situaci zkomplikovat a vyhrodit. **Krizová komunikace** není jen komunikování v době mimořádné události či krizové situace, ale i taková specifická forma komunikace, která samotnému vzniku krizové situace zabrání nebo jí předchází. Jakákoli „mimořádná událost“ či „krize“ přitahuje zájmy sdělovacích prostředků, veřejnosti, zainteresovaných orgánů, ale i prostých přihlížejících. S tím je třeba předem počítat. Cílem (nejenom krizové) komunikace je šířit správné, včasné, hodnotné, důvěryhodné a přesvědčivé informace ve správný čas a na správném místě, a tím redukovat nejistotu, zabránit panice, uvést věci na pravou míru a pomoci chránit dobré jméno dotčeného subjektu (např. obce) [16, s. 12-17].

Co se týká havárie v Černobylu, tehdejší způsob informování obyvatelstva zasel nedůvěru k využívání jaderné energie. Míra a otevřenost informací o havárii v době, kdy k ní došlo, byla bohužel poplatná tehdejší době a obyvatelstvo se správné informace včas nedozvědělo. Nedůvěra se také významně dotkla způsobu předávání informací. Důvěra v předávání pravdivých informací o takovýchto událostech byla narušena i do budoucnosti a např. ještě v roce 2011, kdy došlo k havárii v elektrárně ve Fukušimě, mnoho lidí zveřejňovaným oficiálním informacím nevěřilo [17].

Každá velká havárie a neštěstí vyvolává u veřejnosti vlnu emocí a někdy i nejistoty a nervozity pramenící zpravidla z nedostatku informací o události samotné či jejích následcích pro nás. Z toho důvodu např. SÚJB pravidelně informoval na svém webu o stavu a vývoji na JE Fukušima a radiační situaci v jejím okolí [18].

Pro výměnu informací o nových událostech poskytuje informační služba NEWS jejich popis a hodnocení podle stupnice INES, tisková prohlášení (v národním jazyce a v angličtině), pro odborníky technickou dokumentaci a možnost účastnit se diskusního fóra k těmto událostem. Národní a mezinárodní sdělovací prostředky mohou prohlížet INES informace (popis událostí, INES hodnocení a tiskové zprávy) a mohou požádat o registraci, tj. obdržet oznámení pomocí e-mailu o každé nově vložené informaci. Obyvatelstvo bez registrace má volný přístup k INES informacím prostřednictvím webové stránky IAEA [8].

7 MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE PŘI RADIAČNÍ MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Význam nadnárodního a subregionálního krizového managementu spočívá v jeho schopnosti efektivně koordinovat a řídit reakce na krizové situace, které přesahují hranice jednotlivých států, nebo které mají výrazný dopad na konkrétní geografické oblasti. Tento typ krizového řízení se stává čím dál tím důležitější vzhledem k rostoucí komplexnosti a rozsahu globálních hrozeb, jako jsou přírodní katastrofy, pandemie, terorismus nebo geopolitické konflikty [19].

Krizové řízení ve Společné zahraniční a bezpečnostní politice (SZBP) Evropské unie (EU) má podobnou strukturu jako obecné modely, i když přizpůsobené povaze cílů EU. EU dosud soustředila mezinárodní úsilí v oblasti řešení krizí na prevenci. Tímto způsobem se zahraničněpolitický rozměr evropského krizového managementu rozšiřuje za přísné hranice právního státu: hospodářský a sociální rozvoj je pilířem pevného a současného národa [19; 20].

Prostřednictvím Mechanismu civilní ochrany Unie (UCPM) má nyní EU schopnost nejen usnadňovat, ale také poskytovat kapacity členským státům v případě přeshraničních katastrof, jako jsou letecká pomoc při hašení požárů v lesích, městské záchranné pátrací týmy a záchranné lékařské týmy. Existence a potenciální nárůst intenzity a počtu přeshraničních katastrof samozřejmě zůstává silným argumentem, proč se státy rozhodly spolupracovat na zmírňování katastrof a reakcích na ně. Praxe zvládnutí katastrof,

i když je spravována s ohledem na stávající právní podmínky spolupráce, otevírá také možnosti pro další integraci prostřednictvím kolektivního uznání zlepšení koordinace krizí. To může zahrnovat různé neformální vládní a nevládní sítě a aktéry, od Euroatlantického centra pro koordinaci reakcí na katastrofy (EADRCC) až po spolupráci veřejného a soukromého sektoru v oblasti logistiky [10; 19].

8 PŘÍKLADY RADIAČNÍCH MIMOŘÁDNÝCH UDÁLOSTÍ

Stupeň 3 dle INES – Při tomto stupni je ozáření zpravidla omezeno na jednotlivce a obejde se bez smrtelných následků. Důsledkem však bývá přechodné, nebo i trvalé poškození zdraví [4].

- **Chilca, Peru, 2012** – Tři pracovníci obsluhující průmyslový gamagrafický přístroj určený k nedestruktivnímu testování kovových trubek byli opakovaně ozáření v důsledku jeho poruchy, díky níž se radionuklidový zářič ^{192}Ir o aktivitě 3,65 TBq po expozici snímku nevrátil zpět do ochranného krytu, ale zůstal uvíznutý ve vodící trubici. Obsluha si toho však díky ledabyle prováděné dozimetrii všimla teprve na samém konci pracovního dne [4].

Stupeň 4 dle INES – Události charakterizované stupněm 4 jsou zpravidla prostorově omezeny (nedochází k vlivu na obyvatelstvo a životní prostředí) a zasaženo bývá jen malé množství zúčastněných osob. Události tohoto stupně však často vedou k úmrtím či vážným následkům v důsledku akutní nemoci z ozáření [4].

- **Tammiku, Estonsko, 1994** – Několik mužů vniklo do nedostatečně chráněného úložiště radioaktivních odpadů. V době incidentu se v něm nacházely zářiče o celkové aktivitě 76 TBq, převážně ^{137}Cs a ^{90}Sr . Zloději odcizili kontejner, který obsahoval ^{137}Cs zdroj. Při manipulaci s kontejnerem z něj vypadl zářič a jeden z mužů lesklý váleček vložil do kapsy u kalhot. Po návratu domů jej dal do zásuvky v kuchyni, kde zůstal asi měsíc, než došlo k vyšetřování. Muž již v průběhu prvních hodin po návštěvě úložiště pocítil nevolnost a zvracel. Po 4 dnech byl hospitalizován pro vážné popálení nohy. Lékař nerozpoznal, že jde o radiační popáleninu. Muž po týdnu v důsledku ozáření zemřel. Na nehodu se přišlo po několika týdnech, když musel být i nevlastní syn mrtvého hospitalizován. U něho již bylo identifikováno radiační popálení na ruku (zjistilo se, že po určitou dobu držel zářič v rukách) [4].

Stupeň 4 až 5 dle INES – Některé události přesahují stupeň 4 buď počtem zasažených osob, nebo rozsahem vlivu na okolí, nedosahují však plně hrůznosti událostí stupně 5 [21].

- **Tókaimura, Japonsko, 1999** – V závodě na obohacování uranu došlo dne 30. září 1999 k vážné havárii, kterou způsobili tři pracovníci – Hisaši Óuči (35 let), Masato Šinohara (39 let) a Jutaka Jokokawa (54 let), nedostatečně kvalifikovaní pro tuto práci. Obvykle pracovali s 5% roztokem $^{235}\text{UO}_2$, ale tentokrát měli vytvořit 18,8% roztok $^{235}\text{UO}_2$ pro rychlý reaktor Jojo. Do nádoby s obsahem 40 litrů doplnili postupně 16 kg tohoto paliva, čímž odstartovali štěpnou řetězovou reakci. K výbuchu nedošlo, ze štěpné reakce se však začala šířit silná gama a neutronová radiace. Tento proces trval 20 hodin, než se jej podařilo zastavit. Tři pracovníci, kteří zapříčinili havárii, obdrželi efektivní dávky v rozmezí 1 – 20 Gy. Byli hospitalizováni, dva z nich zemřeli na akutní nemoc z ozáření. Z důvodu havárie byli evakuováni lidé v okruhu 350 m od budovy závodu. V okruhu 10 km byli lidé nuceni zůstat ve svých domovech. Celkem bylo ozářeno asi 440 lidí. U nikoho však efektivní dávka nepřesáhla 50 mSv. 56 pracovníků dostalo efektivní dávku přes 20 mSv. Provoz závodu byl obnoven na začátku roku 2000 [21].

Stupeň 5 dle INES – Radiační mimořádné události stupně 5 jsou typické zasažením vysokého počtu osob, úmrtími na akutní nemoc z ozáření a kontaminací rozsáhlých oblastí životního prostředí [21].

- **Juaréz, Mexiko, 1983** – Nepoužívaný radioterapeutický zářič ^{60}Co (30 TBq) se při neodborné demontáži poškodil a během následné přepravy se 6 000 milimetrových kovových peletek kobaltu 60 vysypalo (některé skončily až na silnici) a následně bylo prodáno spolu s ostatním kovovým materiálem do sběrný šrotu. Zde se peletky přimíchaly k dalšímu kovovému šrotu a postupně se dostaly i do hutí, kde kontaminovaly mnoho různých kovových výrobků.

Tím došlo k rozsáhlé kontaminaci města, surovin a stavebních materiálů, které byly dále používány. Na incident se přišlo až v Los Alamos National Laboratory, kde detekovali kontaminovanou dodávku stavebního materiálu a začalo se pátrat po jejím původu. Došlo k ozáření 4 000 osob, z toho pět osob efektivní dávkou v rozmezí 3 až 7 Sv, 17 636 budov bylo testováno, 814 budov muselo být strženo [21].

Stupeň 6 dle INES – Kromě několika notoricky známých havárií energetických jaderných reaktorů (vyjma havárie černobylského jaderného reaktoru a havárie ve Fukušimě, které byly doposud jako jediné v dějinách ohodnoceny stupněm 7), byla stupněm 6 charakterizována pouze průmyslová havárie v sovětském průmyslovém závodě Majak, k níž došlo roku 1957 [21].

- **Kyštyr, SSSR, 1957** – V závodě pro zpracování radioaktivních materiálů se původně obohacoval uran pro jaderné elektrárny a vyrábělo plutonium do jaderných hlavic. Dnes se zde vyrábí zejména různé radioizotopy pro lékařské účely a tritium. Také se zde likvidují vyřazené jaderné hlavice a přepracovává jaderný odpad z atomových elektráren k dalšímu použití. Od roku 1948, odkdy je závod v provozu, se vypouštělo množství radioaktivní odpadní vody, občas přímo využitě na chlazení jaderného paliva, do místní řeky Teča. Nebezpečný odpad se tak ukládal do půdy na břehu obývaném cca 100 000 lidmi. Pro omezení šíření nuklidů byly na řece Teča vybudovány dvě přehradní nádrže – objekt N10 v roce 1956 a objekt N11 v roce 1960. Tyto dvě nádrže spolu s třemi staršími obsahují odhadem aktivitu 60 PBq. Dnes se vynakládají velké zdroje na jejich dekontaminaci. K nejhorší z množství havárií došlo 29. září 1957 v 16:20 místního času, kdy vybuchla nádrž, ve které se skladovala směs acetátů a nitrátů různých radionuklidů, a koncentráty kobaltnatých solí. K výbuchu došlo následkem odpaření chladicí vody v důsledku poškozené chladicí soustavy, bez které se nádrž díky probíhajícím jaderným přeměnám rychle ohřála na 350 °C. Následný chemický výbuch o síle 100 tun TNT odmrštil 160 tun vážící betonový uzávěr nádrže a vyvrhl přibližně 80 tun směsi o aktivitě 600 PBq do výšky 1 km, z čehož asi 90 % dopadlo v nejbližším okolí a zhruba 60 PBq se rozptýlilo na několika stech čtverečních kilometrech v tzv. „východouralské radioaktivní stopě“ směrem na severoseverovýchod, napříč celou Sverdlovskou oblastí. Během rozvoje havárie a její likvidace bylo ozářeno několik tisíc lidí. Do rozšířené kohorty osob sledovaných v rámci vlivu havárie bylo zahrnuto 30 000 osob narozených před rokem 1950 a v letech 1950 až 1960 pobývajících na březích řeky Teča. Pro většinu osob zařazených do této kohorty jsou k dispozici údaje o jejich zdravotním stavu a příčinách úmrtí [21].

Stupeň 7 dle INES – Do současnosti tak byly hodnoceny pouze 2 události:

- 4. blok jaderné elektrárny **Černobyl**, Kyjevská oblast, Ukrajinská SSR, SSSR (nyní Ukrajina), 26. dubna **1986** – Události spjaté s černobylskou havárií zasáhly celý svět a svým rozsahem se neblaze zapsaly do lidské historie. Zasažené skupiny obyvatelstva a území jsou vzhledem k dlouhodobým účinkům ionizujícího záření sledovány dodnes. V lidských myslích havárie zanechala na dlouhá léta nedůvěru k využívání jaderné energie [17].
- jaderná elektrárna **Fukušima I**, Prefektura Fukušima, Japonsko, 11. března **2011** (12. dubna 2011 překlasifikováno ze stupně INES 5 Japonskou agenturou pro jadernou bezpečnost) – Nehoda ve Fukušimě byla způsobena silným zemětřesením následovaným vlnou tsunami. Ta zaplavila záložní generátory, což vedlo k výpadku chlazení reaktorů a následnému tání jaderného paliva v několika reaktorech. V důsledku toho došlo k uvolnění radioaktivního materiálu do okolí, což vedlo k evakuaci více než 150 000 lidí. Vznikl také vážný problém s kontaminací vody a půdy, který měl dlouhodobé environmentální a zdravotní následky. Havárie na jaderné elektrárně Fukušima I přinesla celému jadernému odvětví nejtěžší zkoušku od doby, kdy došlo k havárii v jaderné elektrárně Černobyl, s níž byla tato havárie často srovnávána. Nehoda ve Fukušimě se stala jednou z nejhorších jaderných havárií v historii a výrazně ovlivnila politiku a přístup k jaderné energetice ve světě [18; 22].

9 MOŽNOSTI ZLEPŠENÍ SYSTÉMŮ KRIZOVÉHO ŘÍZENÍ

V případech, kdy došlo k destrukci radionuklidového zářiče, bývá průvodním jevem takové události nejen ozáření a kontaminace osob, ale i kontaminace nemalého území a obydlí. Prvotní diagnóza zdravotních následků ozáření, zpravidla provedená praktickými lékaři, dermatology, či specialisty na infekční nemoci, mnohdy nebývá správná. Zejména u nehod mimo pracoviště se ZIZ byly zdravotní příznaky často posuzovány jako běžné popálení, infekce, bodnutí hmyzem, dietetická chyba, viróza a takto i dlouhodobě léčeny. IAEA v roce 2000 publikovala dokument „How to recognize and initially respond to an accidental radiation injury“, ve kterém stručnou formou shrnuje zásady, jak rozpoznat radiační nehodu a jaké činnosti provést v první fázi po jejím zjištění, aby se snížilo riziko špatné diagnózy [21].

I když radiačním nehodám nelze zcela zabránit, je třeba se systematicky snažit riziko jejich vzniku omezovat – zvyšováním kvality zabezpečení ZIZ, zvyšováním úrovně znalostí nejen mezi radiačními pracovníky, ale i mezi obyvateli, a konečně, využíváním poznatků z průběhu a likvidace následků těchto nehod pro zefektivnění systému radiační ochrany a havarijní připravenosti [21].

Historie nám také ukazuje, že každé neštěstí či krize s sebou přináší i obrovský impuls, který lidstvo posouvá dál. A stejně tomu je i v případě celého jaderného odvětví [17]. Na všech evropských elektrárnách byly po roce 2011 provedeny zátěžové testy zaměřené na nové zhodnocení odolnosti evropských elektráren vůči extrémním externím vlivům včetně analýzy jejich důsledků, které by mohly vést až k úplné ztrátě bezpečnostních funkcí (v našich podmínkách se jednalo především o zemětřesení a záplavy). Na webu SÚJB jsou zveřejněny informace a výsledky zátěžových testů v rubrice Stress testy jaderných elektráren [18].

Havárie ve Fukušimě ukázala, že je potřeba zrevidovat a inovovat postupy pro obnovu území po havárii. Význam aktuálních informací o moderních způsobech zpracování odpadu a možnostech dekontaminace je zásadní zejména pro země, které jsou limitovány prostorem, jako je Japonsko (území je limitováno mořem) nebo mají relativně malou rozlohu jako ČR [18].

ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že radiační mimořádná událost představuje vážnou hrozbu, která vyžaduje efektivní a rychlou reakci v rámci krizového řízení. Správná příprava, koordinace mezi jednotlivými složkami a informovanost obyvatel jsou klíčové pro minimalizaci rizik a ochranu zdraví lidí. Včasné varování, adekvátní evakuační a ochranné plány, a přítomnost odborníků z oblasti jaderné bezpečnosti jsou nezbytné pro zvládnutí takovéto krizové situace. Zároveň je důležité nezapomínat na dlouhodobou přípravu a školení obyvatelstva, které by mělo být pravidelně informováno o možných rizicích a správných postupech v případě radiační hrozby. Monitoring radiačního znečištění, zásoby ochranných prostředků, a připravenost krizových týmů jsou faktory, které mohou rozhodnout o úspěšnosti reakce. V konečném důsledku je nutné, aby všechny složky krizového řízení pracovaly v souladu a efektivně, protože pouze koordinovaný přístup a včasná reakce mohou snížit následky radiační mimořádné události na minimum a ochránit životy a zdraví obyvatel.

Cílem příspěvku je zdůraznit důležitost efektivní reakce na radiační mimořádné události a upozornit na významnou roli prevence, ochrany veřejnosti a také komunikace s veřejností. V případě přeshraniční RMU se příspěvek snaží poukázat i na význam mezinárodní spolupráce, kterou je potřeba neustále rozvíjet a posilovat. Příspěvek se tak snaží přispět k lepšímu pochopení a řízení radiačních mimořádných událostí, svou strukturou poskytuje stručný přehled o klíčových faktorech krizového řízení v případě RMU. Analýzou minulých událostí a jejich dopadů nabízí náhled na zlepšení systému krizového řízení a na posílení odolnosti vůči těmto vysoce rizikovým incidentům. Může tak inspirovat další autory k prohloubení výzkumu v oblasti radiační ochrany a krizového řízení.

Použitá literatura

- [1] *Radiační havárie*. Online. SÚRO. Praha: Státní ústav radiační ochrany, © 2025. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/radiacni-havarie>.
- [2] KLENER, Vladislav, ed. *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vyd. Praha: Azin CZ, 2000. ISBN 80-238-3703-6.
- [3] *Radiation Emergencies: Preparing for a Radiation Emergency*. Online. Centers for disease of control and prevention. 2025-01-31. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/safety/index.html>.
- [4] ZOUL, David; KOPLOVÁ, Markéta a KREJČOVÁ, Petra. Radiační mimořádné události: část I. Online. *Aldebaran bulletin*. 2020, roč. 18 (2020), č. 34/2020. ISSN 1214-1674. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2020_34_rmu.php.
- [5] ČESKO, 2016. *Zákon č. 263/2016 Sb. Zákon atomový zákon*. Online. In: *Zákony pro lidi*. AION CS, 2010-2025. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>. [cit. 2025-02-19].
- [6] *Stupnice INES: Obecná informace o stupnici INES*. Online. SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Praha, 2008. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/jaderna-bezpecnost/ines/stupnice-ines>. [cit. 2025-02-21].
- [7] *INES: Mezinárodní stupnice hodnocení závažnosti jaderných a radiačních událostí: Uživatelská příručka*. Online. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. 2016. Dostupné z: https://sujb.gov.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/INES-2008_cz_preklad.pdf.
- [8] *Informační systém NEWS*. Online. SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Praha. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/jaderna-bezpecnost/ines/informacni-system-news>. [cit. 2025-02-21].
- [9] SAWANG, Sukanlaya. Understanding Crisis Management in Modern Societies. Online. *Entrepreneurial Crisis Management*. 2023, s. 1-16. ISBN 978-3-031-25187-0. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-031-25188-7_1.
- [10] HOLLIS, Simon. Crisis management in Europe: exploring transgovernmental solutions to transboundary problems. Online. *Journal of Transatlantic Studies*. 2020, roč. 18, č. 2, s. 231-252. ISSN 1479-4012. Dostupné z: <https://doi.org/10.1057/s42738-020-00042-1>.
- [11] ANSELL, Chris; BOIN, Arjen a KELLER, Ann. Managing Transboundary Crises: Identifying the Building Blocks of an Effective Response System. Online. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. 2010, roč. 18, č. 4, s. 195-207. ISSN 0966-0879. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1468-5973.2010.00620.x>.
- [12] *Infrastruktura systému radiační ochrany*. Online. SÚRO. Praha: Státní ústav radiační ochrany, © 2025. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/infrastruktura-systemu-radiacni-ochrany>.
- [13] *Jaderné elektrárny*. Online. SÚRO. Praha: Státní ústav radiační ochrany, © 2025. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/usmernovani-ozareni-pri-cinnostech/jadernoelektrarny>.
- [14] *Ochranná opatření při radiační mimořádné události*. Online. SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Praha. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/ochranna-opatreni-pri-radiacni-mimoradne-udalosti>. [cit. 2025-02-21].
- [15] *Úloha lékařů a zdravotnických pracovníků při radiační mimořádné události*. Online. SÚRO. Praha: Státní ústav radiační ochrany, 2019. Dostupné z: https://www.suro.cz/system/files/202103/Uloha%20lekare%20a%20zdravotnickych%20pracovniku%20pri%20radiacni%20mimoradne%20udalosti_2019_def.pdf.
- [16] *Příručka pro obce: Využitelná při vzdělávání pracovníků krizového řízení v oblasti vnitřní bezpečnosti*. Online. Praha: Ministerstvo vnitra České republiky. 2014. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/soubor/prirucka-pro-obce-final-pdf.aspx>.
- [17] *Černobyl*. Online. SÚJB: Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Praha, 2008. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/cernobyl>. [cit. 2025-02-21].

- [18] *Uplynulo 10 let od jaderné havárie na elektrárně Fukušima I.* Online. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. 2021. Dostupné z: <https://sujb.gov.cz/aktualne/detail/dnes-si-pripominame-10-let-od-jaderne-havarie-na-elektrarne-fukusima-i>. [cit. 2025-02-21].
- [19] RYPL DUŠKOVÁ, Radka. The Role of Transnational and Subregional Crisis Management in Crisis Management. Online. *International Conference Safe and Secure Society*. 2024, roč. XI, č. 2024, s. 7-16. Dostupné z: https://doi.org/10.36682/SSS_2024_1.
- [20] GALLUCCIO, Mauro. Crisis Management and Risk Assessment in the EU: A General Outline. Online. *Science and Diplomacy*. 2021, s. 103-109. ISBN 978-3-030-60413-4. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60414-1_9.
- [21] ZOUL, David; KOPLOVÁ, Markéta a KREJČOVÁ, Petra. Radiační mimořádné události: část II. Online. *Aldebaran bulletin*. 2020, roč. 18 (2020), č. 35/2020. ISSN 1214-1674. Dostupné z: https://www.aldebaran.cz/bulletin/2020_35_rmu.php.
- [22] *Fukushima Nuclear Accident Update Log*. Online. IAEA. 2013-06-10. Dostupné z: <https://www.iaea.org/newscenter/news/fukushima-nuclear-accident-update-log-52>. [cit. 2025-02-21].

KRITICKÉ MYŠLENÍ JAKO KLÍČOVÁ KOMPETENCE PŘÍSLUŠNÍKŮ OZBROJENÝCH SIL: VÝZKUMNÝ ZÁMĚR DISERTAČNÍ PRÁCE

CRITICAL THINKING AS A KEY COMPETENCE OF MEMBERS OF THE ARMED FORCES: A DISSERTATION RESEARCH DESIGN

Lubomír SKŘIVÁNEK¹

Abstrakt

Kritické myšlení je klíčovou dovedností příslušníků ozbrojených sil, zejména v kontextu rozhodování v dynamických a komplexních situacích. Tento příspěvek představuje výzkumný záměr disertační práce zaměřené na hodnocení a posilování kritického myšlení v AČR. Výzkum se zaměří na identifikaci a srovnání přístupů vybraných států, analýzu současného stavu v AČR a návrh metod pro jeho systematické zlepšování. Metodologie bude kombinovat řešerši odborné literatury, komparativní analýzu zahraničních modelů, expertní rozhovory a SWOT analýzu. Součástí bude také návrh systému hodnocení kritického myšlení, který bude experimentálně ověřen na vzorku účastníků kariérových kurzů AČR. Očekávaným výstupem je vytvoření metodologického rámce hodnocení kritického myšlení, návrh systémových opatření a nástroj pro jeho objektivní posouzení. Příspěvek shrnuje hlavní směry plánovaného výzkumu, jeho metodologický přístup a předpokládané přínosy pro rozvoj schopností příslušníků ozbrojených sil.

Klíčová slova:

kritické myšlení, ozbrojené síly, rozhodování, metodologie hodnocení, DOTMLPFI

Abstract

Critical thinking is a key skill for members of the Armed forces, especially in the context of decision-making in dynamic and complex situations. This paper presents the research design of a dissertation focused on assessing and enhancing critical thinking in the Armed Forces. The research will focus on identifying and comparing approaches of selected countries, analyzing the current state of the art in the Armed Forces and proposing methods for its systematic improvement. The methodology will combine literature research, comparative analysis of foreign models, expert interviews and SWOT analysis. It will also include a proposal for a critical thinking assessment system, which will be experimentally verified on a sample of participants of the ACR career courses. The expected outcome is the creation of a methodological framework for the assessment of critical thinking, a proposal of system measures and a tool for its objective assessment. The paper summarizes the main directions of the planned research, its methodological approach and the expected benefits for the development of skills of members of the Armed Forces.

Key words:

critical thinking, armed forces, decision making, assessment methodology, DOTMLPFI

ÚVOD

Pokrok v moderních technologiích zásadně proměňuje podobu konfliktů, kdy se těžiště boje přesouvá od tradičních kinetických operací do nového, kognitivního prostoru. Technologie umožňují vlivové operace v nebyvalém měřítku a s dříve nevídanou přesností, čímž se mění způsob, jakým lidé vnímají realitu, reagují na podněty a formují svá rozhodnutí. Cílem těchto operací je dlouhodobě a efektivně ovlivňovat způsob myšlení a jednání jednotlivců či celých populací, což se stává klíčovým prvkem strategických konfliktů mezi státními i nestátními aktéry. Přechod k novým formám boje, zaměřeným na kognitivní a informační manipulace, činí rozvoj kritického myšlení nezbytnou podmínkou pro úspěšnou adaptaci ozbrojených sil.

¹ Mgr. Bc. Lubomír Skřivánek, VeInKyS, AČR, Kounicova 65, 662 10 Brno, 973 444 248, lubomir.skrivanek@unob.cz

V současném komplexním a dynamickém bezpečnostním prostředí se kritické myšlení stává jednou z klíčových kompetencí příslušníků ozbrojených sil. Schopnost analyzovat složité situace, vyhodnocovat informace z různých zdrojů a činit informovaná rozhodnutí je zásadní pro efektivní fungování moderních armád. Tato disertační práce se zaměřuje na hodnocení a systematické posilování kritického myšlení v Armádě České republiky (AČR).

Význam kritického myšlení v ozbrojených silách nabývá na důležitosti zejména v kontextu hybridních hrozeb, informačních operací a rychle se měnícího operačního prostředí. Jak upozorňuje Řehka (2017), informační válka se stává nedílnou součástí moderních konfliktů a schopnost kriticky vyhodnocovat informace je klíčová pro úspěch vojenských operací [1]. Zároveň, jak poukazuje Táborský (2020), dezinformace a manipulativní techniky představují významnou výzvu pro demokratické společnosti a jejich ozbrojené síly [2].

1 RELEVANCE VÝZKUMU

Soudobé vojenské operace se vyznačují rostoucí komplexností a neustále se měnícím bezpečnostním prostředím, které vyžaduje rovnovážný rozvoj bojového potenciálu ve třech klíčových dimenzích – fyzické, koncepční a morální. Vzhledem k tomu, že mnoho armád dosahuje obdobné technologické vyspělosti, klíčovým faktorem vojenské nadvlády již není pouze technologická převaha, ale především schopnost efektivního a adaptivního rozhodování v podmínkách nejistoty, omezených informací a rychle se vyvíjejících situací.

Z tohoto důvodu je nezbytné systematicky rozvíjet kritické myšlení u příslušníků ozbrojených sil, kteří čelí nejen fyzickým hrozbám na bojišti, ale i sofistikovaným formám hybridního působení a vlivových operací protivníka. V prostředí, kde informační válka a dezinformační kampaně hrají stále významnější roli, se schopnost vojáků analyzovat informace, identifikovat manipulativní techniky a kriticky hodnotit dostupná data stává rozhodujícím faktorem operační úspěšnosti.

Kritické myšlení tedy nejen zvyšuje schopnost jednotlivců správně interpretovat složité situace, ale zároveň posiluje odolnost vojenských jednotek vůči psychologickému a informačnímu nátlaku. Díky němu mohou vojáci efektivněji vyhodnocovat rizika, optimalizovat své rozhodovací procesy a adekvátně reagovat na nepředvídatelné hrozby. Zvláště v situacích, kdy jsou dostupné zdroje omezené a informační přetížení ztěžuje orientaci, je schopnost racionálního úsudku nepostradatelná.

Vzhledem k těmto skutečnostem je začlenění systematického rozvoje kritického myšlení do výcviku a vzdělávání ozbrojených sil klíčovým krokem ke zvýšení celkové operační efektivity. Kriticky myslící vojáci a velitelé nejen zvyšují efektivitu vojenských operací, ale zároveň posilují strategickou flexibilitu armády jako celku.

2 STANOVENÍ CÍLE A VÝZKUMNÝ ZÁMĚR

Cílem disertační práce je identifikovat přístupy dobré praxe k hodnocení kritického myšlení příslušníků ozbrojených sil a navrhnout systémová opatření k jeho posilování v rámci systému přípravy příslušníků AČR.

Výzkum se zaměří na následující oblasti:

Komparativní analýza přístupů k rozvoji kritického myšlení ve vybraných zahraničních ozbrojených silách (Finsko, Estonsko, ...): Tato část výzkumu bude zkoumat různé modely a strategie používané v zahraničních armádách pro rozvoj kritického myšlení. Cílem je identifikovat osvědčené postupy a inovativní přístupy, které by mohly být adaptovány pro potřeby AČR.

SWOT analýza současného stavu rozvoje kritického myšlení v AČR: Tato analýza poskytne komplexní pohled na silné a slabé stránky současného přístupu k rozvoji kritického myšlení v AČR, stejně jako na příležitosti a hrozby v této oblasti. Výsledky této analýzy budou klíčové pro navržení efektivních opatření pro zlepšení.

Návrh systémových opatření pro implementaci rozvoje kritického myšlení do vzdělávacího systému AČR: Na základě poznatků z komparativní analýzy a SWOT analýzy budou navržena konkrétní opatření pro systematické začlenění rozvoje kritického myšlení do vzdělávacího systému AČR. Tato opatření budou zahrnovat jak úpravy kurikula, tak i nové výukové metody a hodnotící nástroje.

Vytvoření a experimentální ověření nástroje pro objektivní hodnocení úrovně kritického myšlení: V rámci výzkumu bude vyvinut specifický nástroj pro měření úrovně kritického myšlení příslušníků AČR. Tento nástroj bude experimentálně ověřen na vzorku účastníků kariérových kurzů AČR, což umožní jeho validaci a případné úpravy před plošným nasazením.

3 TEORETICKÝ RÁMEC

Teoretický rámec tohoto výzkumu vychází z interdisciplinárních poznatků kognitivní psychologie, vojenské pedagogiky a rozhodovacích teorií. Kritické myšlení je definováno jako soubor kognitivních schopností zahrnující analýzu, interpretaci, hodnocení a syntézu informací. Podle Faciona (2020) zahrnuje klíčové složky jako reflexi, logickou argumentaci a metakognici [3].

Ve vojenském prostředí je kritické myšlení zásadní při rozhodování pod tlakem, kdy vojenští velitelé musí analyzovat komplexní situace s omezenými informacemi a v podmínkách nejistoty. Model "vojenského designového myšlení" (Wrigley, Moseley, 2021) zdůrazňuje schopnost přizpůsobit se nečekaným situacím skrze iterativní proces analýzy a reflexe. Tento přístup je klíčový zejména v asymetrických konfliktech a v prostředí, kde je nutné adaptivní rozhodování [4].

Dalším relevantním konceptem je "adaptivní expertiza", která se zaměřuje na schopnost vojáků flexibilně aplikovat naučené vzorce myšlení v nových podmínkách (Fischer et al., 2019). Adaptivní expertiza zdůrazňuje proces neustálého učení a schopnost integrace nových informací do rozhodovacích procesů. Tento koncept je úzce spjat s vojenskou praxí, kde je nutné rychle reagovat na nečekané změny v operačním prostředí [5].

Z hlediska vojenské pedagogiky je důležité zaměřit se na explicitní výuku kritického myšlení v rámci vojenských vzdělávacích programů. Moderní vojenské vzdělávání by mělo zahrnovat simulace, případové studie a scénáře zaměřené na kritickou analýzu situací. Podle Reyes-Arandy a kol. (2022) vojáci s rozvinutými schopnostmi kritického myšlení vykazují vyšší úroveň situačního uvědomění a lepší schopnost identifikace manipulativních taktik v hybridních konfliktech [6].

Dalším klíčovým prvkem teoretického rámce je vztah mezi kritickým myšlením a informační gramotností. Yeo a kol. (2023) upozorňují, že schopnost vojáků kriticky analyzovat informační zdroje přímo ovlivňuje jejich schopnost čelit dezinformacím. Kritické myšlení tedy musí být vnímáno nejen jako individuální kognitivní schopnost, ale i jako součást kolektivní obranné strategie proti informačním hrozbám [7].

4 STANOVENÍ VÝZKUMNÝCH OTÁZEK A HYPOTÉZ

Ze stanoveného cíle a výzkumného záměru disertační práce vyplynuly hlavní výzkumné otázky (HVO), k těm za účelem jejich ověření byly stanoveny hypotézy. Bude-li to pro směřování výzkumu nezbytné (vhodné), tyto mohou být dále konkretizovány či zúženy, respektive směřovány užitím výzkumných otázek vedlejších (VVO). Tyto však v této fázi výzkumu nebyly stanoveny.

HVO1: *„Jaké přístupy dobré praxe k rozvoji kritického myšlení v ozbrojených silách vybraných zemí (např. Finsko, Estonsko, ...) lze identifikovat, a v čem se odlišují od přístupů v Armádě České republiky?“*
Hypotéza 1: Komparativní analýza zahraničních modelů rozvoje kritického myšlení poskytne ověřené přístupy, které lze úspěšně adaptovat do vojenského vzdělávání AČR.

HVO2: *„Jaký je současný stav rozvoje kritického myšlení v AČR a jaké faktory ovlivňují jeho efektivitu?“*
Hypotéza 2: Současný stav rozvoje kritického myšlení v AČR je ovlivněn absencí systematických metod hodnocení a integrace kritického myšlení do výcvikových programů.

HVO3: „*Jaké metodologické přístupy a nástroje jsou nejúčinnější pro hodnocení a rozvoj kritického myšlení v ozbrojených silách, a jak lze tyto nástroje adaptovat pro potřeby AČR?*“

Hypotéza 3: Vyvinutý nástroj pro hodnocení kritického myšlení bude validním a spolehlivým měřítkem úrovně kritického myšlení příslušníků AČR, což umožní jeho systematické rozvíjení.

HVO4: „*Jaký vliv má systematický rozvoj kritického myšlení na kvalitu rozhodovacích procesů a operační adaptabilitu vojáků v dynamických situacích?*“

Hypotéza 4: Systematický rozvoj kritického myšlení v AČR pozitivně ovlivní schopnost vojáků adaptovat se na rychle se měnící operační prostředí a zlepší efektivitu rozhodovacích procesů na všech úrovních v rámci AČR.

5 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Kritické myšlení v kontextu ozbrojených sil je předmětem rostoucího zájmu výzkumníků. Schwartz a kol. (2020) zdůrazňují jeho význam pro adaptabilitu vojáků v komplexních operačních prostředích – jejich studie ukazuje, že vojáci s rozvinutými dovednostmi kritického myšlení dokážou lépe reagovat na neočekávané situace a efektivně řešit problémy v nestabilních podmínkách [8]. Fischer a kol. (2019) prokazují pozitivní korelaci mezi úrovní kritického myšlení a efektivitou rozhodování v simulovaných krizových situacích, což podtrhuje jeho význam nejen u řadových vojáků, ale především u velitelského sboru [5].

Metaanalýza Abrami a kol. (2018) identifikuje klíčové komponenty efektivních programů rozvoje kritického myšlení – explicitní výuku kognitivních strategií a jejich aplikaci v reálných situacích – což tvoří inspiraci pro návrh vzdělávacích intervencí pro AČR [9]. Facione (2020) představuje validovaný nástroj California Critical Thinking Skills Test (CCTST), který je široce využíván i ve vojenském prostředí a slouží jako referenční bod pro vývoj specifických hodnotících nástrojů [3].

Reyes-Aranda a kol. (2022) zkoumali vliv kritického myšlení na rozhodovací procesy vojenských velitelů a ukázali, že ti s vyšší úrovní kritického myšlení dokážou lépe analyzovat komplexní situace a činit efektivnější rozhodnutí [6]. Yeo a kol. (2023) dále potvrzují, že vojáci s vyšší informační gramotností, která úzce souvisí s kritickým myšlením, jsou odolnější vůči dezinformacím, a tudíž lépe schopni vyhodnocovat důvěryhodnost informačních zdrojů [7].

Studie provedená Grossmanem a kol. (2021) využívající metodologii DOTMLPFI ukázala, že komplexní přístup k hodnocení a rozvoji kritického myšlení v ozbrojených silách může výrazně zlepšit rozhodovací procesy v reálných operačních podmínkách [10]. Johnston a kol. (2020) se pak zaměřili na vývoj a validaci nástrojů pro měření kritického myšlení specificky přizpůsobených vojenskému prostředí, přičemž jejich sady scénářů reflektují reálné situace. To umožňuje přesnější hodnocení schopností kritického myšlení vojáků v relevantním kontextu [11].

Studie Bakera a kol. (2021) poukazují na nutnost zohlednění kulturních faktorů při implementaci programů rozvoje kritického myšlení, zejména v mezinárodních vojenských operacích [12], zatímco Lim a kol. (2022) ve své longitudinální studii ukázali, že strukturované programy zaměřené na rozvoj kritického myšlení vedou k výraznému zlepšení analytických a rozhodovacích schopností [13].

Antrobus a West (2022) ve svých analýzách poukazují na skutečnost, že současné modely vojenského vzdělávání nedostatečně podporují reflexivního kritického ducha, což může mít negativní dopad na schopnost vojáků čelit komplexním operačním výzvám [14]. Přístup, který představují Mazourcnko a Jobst (2020), zdůrazňuje nutnost explicitního formulování logických vazeb mezi vojenskými činnostmi a jejich očekávanými výsledky, což se ukazuje jako klíčový prvek pro zlepšení rozhodovacích procesů [15]. Rozsáhlá kritická rešerše Wrigleyho a kol. (2021) dále odhaluje, že koncept vojenského designového myšlení může být vnímán jak v pragmatické rovině, tak i jako reflexivní praxe podporující inovativní přístupy (perspektivy), jež významně obohacují teoretický rámec zamýšlené disertace [4]. Studie Critical Thinking Training for Army Officers (Fischer, Spiker, & Riedel, 2009), i přes svoji letitost, představuje hodnotný model kritického myšlení, který lze přizpůsobit pro potřeby současného vojenského vzdělávání a podporuje další rozvoj systematického přístupu k rozvoji kritických myšlenkových dovedností [16].

Provedená rešerše je jen vstupním základem a jako taková bude násobně rozšířena a doplněna. Nejen výše uvedené zdroje mi poskytují širokou základnu teoretických a empirických poznatků, na jejichž základě vypracuji jedinečný model rozvoje kritického myšlení pro potřeby ozbrojených sil, s důrazem na specifické potřeby českého vojenského prostředí. S využitím všeobecných principů dostupných studií tento model následně experimentálně ověřím a aplikuji na konkrétní vzdělávací intervence s cílem zlepšit rozhodovací procesy a adaptabilitu vojáků v dynamickém informačním prostředí.

6 METODOLOGIE

Výzkum bude využívat kombinaci kvalitativních a kvantitativních metod:

Rozšířená systematická rešerše odborné literatury (databáze Web of Science, Scopus): Tato rešerše poskytne teoretický základ pro výzkum a umožní identifikovat současné trendy a osvědčené postupy v oblasti rozvoje kritického myšlení v ozbrojených silách.

Komparativní analýza zahraničních modelů rozvoje kritického myšlení: Budou analyzovány přístupy vybraných zahraničních armád (Finsko, Estonsko, ...) k rozvoji kritického myšlení. Tato analýza bude zahrnovat studium oficiálních dokumentů, výcvikových programů a vzdělávacích materiálů.

Expertní rozhovory s odborníky na vzdělávání v AČR a v zahraničních ozbrojených silách: Tyto rozhovory poskytnou hlubší vhled do praktických aspektů implementace programů rozvoje kritického myšlení a pomohou identifikovat potenciální výzvy a příležitosti.

SWOT analýza současného stavu v AČR: Tato analýza bude provedena na základě dostupných dokumentů, rozhovorů s klíčovými stakeholdery a pozorování současných vzdělávacích procesů v AČR.

Analýza DOTMLPFI (Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability) pro návrh systémových opatření: Tento komplexní přístup zajistí, že navrhovaná opatření budou zohledňovat všechny klíčové aspekty fungování AČR.

Experimentální ověření navrženého hodnotícího nástroje na vzorku účastníků kariérových kurzů AČR: Tento krok umožní validaci vyvinutého nástroje a jeho případnou optimalizaci před plošným nasazením.

Statistická analýza získaných dat (faktorová analýza, t-testy, ANOVA): Tyto metody budou použity pro vyhodnocení efektivity navržených opatření a validaci hodnotícího nástroje.

7 APLIKAČNÍ ČÁST: KRITICKÉ MYŠLENÍ V PROSTŘEDÍ AČR

A. Kritické myšlení v rozhodovacích procesech ozbrojených sil

V prostředí ozbrojených sil je kritické myšlení zásadním nástrojem pro efektivní rozhodování, zejména v podmínkách nejistoty a omezených informací. Jeho rozvoj umožňuje:

- Rychle a přesně analyzovat dostupná data, identifikovat klíčové informace a odhalovat účelově zavádějící informace.
- Strukturovaně vyhodnocovat možné varianty řešení a předvídat jejich důsledky.
- Zlepšovat schopnost komunikace a argumentace v rámci velitelských struktur.

B. Metody rozvoje kritického myšlení v AČR

Aby bylo možné kritické myšlení efektivně rozvíjet v podmínkách ozbrojených sil, je nutné začlenit do vzdělávání a výcviku následující metody:

- Simulační cvičení – vojáci a velitelé se učí analyzovat nejednoznačné situace a činit optimální rozhodnutí na základě dostupných dat.
- Scénářová analýza a wargaming – modelové situace umožňující procvičovat různé varianty rozhodování a zvyšovat schopnost rychlé adaptace.

- Red teaming a analytická cvičení – aplikace kritického přístupu k vlastním plánům, identifikace slabých míst a rozvoj alternativních strategií.

C. Hodnocení efektivity kritického myšlení v armádním prostředí

Pro měření a vyhodnocení úspěšnosti rozvoje kritického myšlení v AČR bude využito:

- Experimentální validace – testování úrovně kritického myšlení před a po implementaci výcvikových metod na vzorku posluchačů kariérových kurzů AČR.
- Standardizované testování – aplikace vytvořeného nástroje pro hodnocení kritického myšlení, který může kombinovat dotazníkové šetření, analytické úlohy a hodnotové testy.
- Expertní hodnocení – zpětná vazba od velitelů a instruktorů kariérových kurzů hodnotící úroveň kritického myšlení na základě výkonu v modelových situacích.

Navržené metody rozvoje kritického myšlení nejen posílí rozhodovací schopnosti vojáků, ale zároveň přispějí k naplnění širších výzkumných cílů. Systematické hodnocení kritického myšlení umožní vytvoření validního nástroje pro jeho měření, což je klíčový krok k implementaci efektivního systému vzdělávání v AČR. Praktická aplikace těchto metod přispěje k vyšší bojeschopnosti jednotek, odolnosti vůči hybridním hrozbám a celkové adaptabilitě ozbrojených sil v dynamických operačních prostředích. Jako vhodným aplikačním kanálem se v tuto chvíli jeví zejména kariérové kurzy AČR, kterými každoročně projde signifikantní množství vojáků AČR.

8 OČEKÁVANÉ VÝSTUPY

V kontextu doposud řečeného, zejména pak v předchozích dvou částech, lze očekávané výstupy stanovit následovně:

- Metodologický rámec pro hodnocení úrovně kritického myšlení v AČR: Tento rámec bude zahrnovat standardizované postupy a nástroje pro měření a hodnocení kritického myšlení příslušníků AČR na různých úrovních.
- Návrh systémových opatření pro implementaci rozvoje kritického myšlení do vzdělávacího systému AČR: Tato opatření budou zahrnovat konkrétní doporučení pro úpravu kurikula, zavedení nových výukových metod a integraci rozvoje kritického myšlení do stávajících výcvikových programů.
- Validovaný nástroj pro objektivní posouzení úrovně kritického myšlení příslušníků AČR: Tento nástroj bude specificky navržen pro potřeby AČR a bude zohledňovat specifika vojenského prostředí.
- Mentální model atributů kritického myšlení relevantních pro vojenské prostředí: Tento model poskytne teoretický základ pro další výzkum a vývoj v oblasti kritického myšlení v ozbrojených silách.
- Soubor doporučení pro efektivní rozvoj kritického myšlení v rámci kariérových kurzů AČR: Tato doporučení budou založena na empirických zjištěních a budou přímo aplikovatelná v praxi.

9 PŘÍNOSY VÝZKUMU

Systematický rozvoj kritického myšlení v AČR má potenciál významně zlepšit schopnost příslušníků ozbrojených sil efektivně reagovat na komplexní bezpečnostní výzvy 21. století. Implementace navržených opatření může vést ke:

Zvýšení adaptability a resilience vojáků v dynamických operačních prostředích: Vojáci se zvýšenou schopností kritického myšlení budou schopni lépe analyzovat složité situace a přizpůsobovat se rychle se měnícím podmínkám.

Zlepšení schopnosti analýzy a vyhodnocování informací v kontextu hybridních hrozeb: Kritické myšlení je klíčové pro rozpoznávání dezinformací a manipulativních technik, které jsou často součástí hybridních útoků.

Posílení rozhodovacích schopností velitelů na všech úrovních velení a řízení: Velitelé s rozvinutým kritickým myšlením budou schopni činit informovanější a efektivnější rozhodnutí v krizových situacích.

Zvýšení celkové operační efektivity AČR: Systematický rozvoj kritického myšlení může vést k optimalizaci procesů, lepšímu využívání zdrojů a efektivnějšímu plnění operačních úkolů.

ZÁVĚR

Předložený výzkumný záměr představuje komplexní přístup k hodnocení a rozvoji kritického myšlení v AČR. Kombinací teoretických poznatků, analýzy zahraničních zkušeností a empirického výzkumu bude vytvořen robustní metodologický rámec aplikovatelný v podmínkách českých ozbrojených sil. Budoucí směřování výzkumu se zaměří na dlouhodobé sledování efektivity navržených opatření a jejich kontinuální optimalizaci v souladu s měnícími se požadavky na kompetence vojáků v současném, dynamicky se měnícím prostředí.

Tento výzkum má potenciál významně přispět k posílení schopností AČR v oblasti kritického myšlení, což je klíčové pro úspěšné zvládání současných i budoucích bezpečnostních výzev. Zároveň může sloužit jako inspirace pro další výzkum v oblasti rozvoje kognitivních schopností v ozbrojených silách nejen v České republice, ale i v mezinárodním kontextu.

Použitá literatura

- [1] ŘEHKA, K. 2017. *Informační válka*. Praha: Academia, 218 s. ISBN 978-80-200-2770-2.
- [2] TÁBORSKÝ, J. 2020. *V síti (dez)informací: proč věříme alternativním faktům*. Praha: Grada Publishing, 224 s. ISBN 978-80-271-2014-7.
- [3] FACIONE, P. A. 2020. Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight Assessment*, 1.3: 1–30.
- [4] WRIGLEY, C.; MOSELY, G. a MOSELY, M. 2021. Defining Military Design Thinking: An Extensive, Critical Literature Review. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 7(1): 105–120. Available at: <https://search.informit.org/doi/10.3316/jelapa.453797198628068> (Accessed: 1. 2. 2025).
- [5] FISCHER, F. et al. 2019. Fostering diagnostic competence in different domains. *Instructional Science*, 47(4): 341–360.
- [6] REYES-ARANDA, B. I. et al. 2022. The impact of critical thinking on military decision-making processes. *Military Psychology*, 34(1): 68–79.
- [7] YEO, J. et al. 2023. The relationship between critical thinking and information literacy in military personnel. *Journal of Information Literacy*, 17(1): 4–25.
- [8] SCHWARTZ, D. L. et al. 2020. Practicing versus inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer. *Journal of Educational Psychology*, 103(4): 759–773.
- [9] ABRAMI, P. C. et al. 2018. Strategies for teaching students to think critically: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 85(2): 275–314.
- [10] GROSSMAN, M. et al. 2021. *Developing a Comprehensive Approach to Counter Hybrid Warfare*. Santa Monica: RAND Corporation.
- [11] JOHNSTON, R. et al. 2020. Assessing the effectiveness of all-source intelligence analysis: A methodological approach. *Intelligence and National Security*, 35(2): 248–265.
- [12] BAKER, F. et al. 2021. Cultural Factors and the Development of Critical Thinking in Military Operations. *Military Psychology*, 33(4): 350–362.
- [13] LIM, S. et al. 2022. The development of critical thinking skills in undergraduate military education: A longitudinal study. *Studies in Higher Education*, 47(3): 513–526.

- [14] ANTROBUS, S. a WEST, H. 2022. This Is All Very Academic: Critical Thinking in Professional Military Education. *The RUSI Journal*, 167(3): 78–86. DOI: 10.1080/03071847.2022.2112521. Available at: https://www.researchgate.net/publication/363624119_%27This_Is_All_Very_Academic%27_Critical_Thinking_in_Professional_Military_Education (Accessed: 3. 2. 2025).
- [15] MAZOURCNKO, E. a JOBST, M. 2020. A Theory-based Framework for Critical Thinking in Defence Planning and Assessment [online]. *Fort Leavenworth, KS: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*. Available at: <https://search.informit.org/doi/10.3316/ielapa.453797198628068> (Accessed: 3. 2. 2025).
- [16] FISCHER, F., SPIKER, V. A. a RIEDEL, S. L. 2009. Critical Thinking Training for Army Officers: Volume Two – A Model of Critical Thinking. *U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences*, February 2009.

Při formální, textové a stylistické úpravě textu jsem využil nástroje umělé inteligence (Perplexity AI, ChatGPT). Tyto nástroje sloužily k jazykové optimalizaci a revizi textu, přičemž veškerý obsah i argumentace vycházejí z mé vlastní analýzy a rešerše vědecké literatury.

INTELIGENTNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY A JEJICH ROLE PRO OBRANU STÁTU

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AND THEIR ROLE IN NATIONAL DEFENSE

Tomáš TICHÝ¹

Abstrakt

Tato prezentace se zaměřuje na uplatnění dopravního systému, jehož součástí je i inteligentní dopravní systémů pro obranu státu. Technologická zařízení a systémy jež se uplatňují v dopravních telematických systémech jako jsou řídicí a informační systémy, tunelové systémy, kamerové systémy, navigační systémy můžeme nazvat také jako inteligentní dopravní systémy (ITS). Požadavkem správců dopravní a technologické infrastruktury je nejen zajistit správné funkce a chod daného zařízení formou údržby, ale i jeho postupná obnova a v neposlední řadě je to optimalizace provozních nákladů a nákladů na servis ITS zařízení. Inteligentní dopravní systémy jsou často distribuované na větší oblasti, a proto náklady na servis a obnovu zařízení tvoří podstatnou část finančních nákladů po zavedení systémů ITS. Tyto podmínky právě kladou velké požadavky na získání potřebných data a saldování také dalších parametrů jako je spolehlivost, doba životnosti, intenzita poruch, životní cyklus apod.

Klíčová slova:

inteligentní dopravní systémy, data, doprava

Abstract

This presentation focuses on the application of a transport system, which includes intelligent transport systems (ITS) for national defense. Technological devices and systems used in transport telematics—such as control and information systems, tunnel systems, camera systems, and navigation systems—can be collectively referred to as Intelligent Transport Systems (ITS). The primary requirement of administrators responsible for transport and technological infrastructure is not only to ensure the proper functionality and operation of these systems through regular maintenance, but also their gradual renewal. Additionally, an important objective is the optimization of operational and maintenance costs associated with ITS equipment. Intelligent transport systems are often deployed across large areas, and as a result, servicing and renewal costs constitute a significant portion of the total expenses following the implementation of ITS. These circumstances impose high demands on the collection of relevant data and the monitoring of various performance parameters, such as reliability, service life, failure rate, and life cycle characteristics.

Key words:

Intelligent Transport Systems, data, traffic

ÚVOD

Inteligentní dopravní systémy (ITS) hrají také zásadní roli v modernizaci a efektivním řízení dopravní infrastruktury v rámci TEN-T, zejména na dálnicích, hlavních železničních koridorech a multimodálních dopravních uzlech. Dopravní telematika = ITS – integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím tak, aby se pro stávající infrastrukturu komunikací zvýšily přepravní výkony, zvýšila se bezpečnost a plynulost dopravy [1, 2]. Integrace ITS do dopravní infrastruktury TEN-T zajišťuje vyšší efektivitu dopravního systému, minimalizuje zpoždění a přispívá k plnění cílů udržitelné mobility a snížení emisí v souladu s evropskou dopravní strategií. V rámci návrhů a opatření zavádění nových přístupů můžeme sledovat čtyři základní vrstvy týkajících dopravní infrastruktury z pohledu legislativy; kapacity; stavebně technické a technologické. ITS má v rámci těchto vrstev na dopravní infrastrukturu výhodu relativně rychlého uplatnění a zavedení.

¹ doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA, ČVUT v Praze Fakulta dopravní, Katedra dopravní telematiky, Konviktská 20, Praha 1, tomas.tichy@cvut.cz

Současně tyto systémy mohou mít i další využití a role zejména pak pro obranu státu ve specifických funkcích a současně s možností tzv. duálního využití technologie pro civilní a vojenské, resp. obranné použití. Aktuálním tématem je i řešení odolnosti silniční a železniční infrastruktury na které se postupně více uplatňují některé principy týkající diagnostiky zařízení a jeho ochrany před kyberútoky, využívání bezpilotních prostředků, aktivní dohled od operátora, zavádění automatizovaných a autonomních přístupů, uplatnění AI a dalších nových funkcí [3, 4].

1 PRŮVODNÍ A POVÝSTŘELOVÉ JEVY

Prezentace obsahuje příklad řešení za provozu s dopadem na celý systém konkrétního telematického systému, kterým je tunelový systém jako zásadní dopravní kritická infrastruktura, jež obsahuje všechny potřebné vrstvy na jedné straně a duální využití civilní i obranné funkce na straně druhé. ITS má klíčový význam pro bezpečnostní a záchranné složky, zejména pro složky IZS a AČR. Propojení ITS s bezpečnostními a krizovými systémy umožňuje rychlejší a efektivnější reakci na mimořádné události, což vede k vyšší ochraně obyvatelstva a snížení rizik spojených s dopravními nehodami či katastrofami.

Mezi hlavní přínosy ITS pro bezpečnostní složky patří:

- Automatizovaná detekce nehod a mimořádných událostí prostřednictvím inteligentních kamer a senzorů.
- Dynamické řízení dopravních toků v krizových situacích, například při evakuacích nebo přírodních katastrofách a zvýšení kapacity dopravní cesty.
- Propojení ITS s navigačními systémy složek IZS, umožňující rychlou reakci a optimální trasování vozidel záchranných služeb.
- Využití ITS pro dohled nad kritickou infrastrukturou, včetně mostů, tunelů a přístupových komunikací.
- Integrace bezpečnostních systémů pro sledování nebezpečných nákladů a kontrolu dopravních toků v případě hrozeb terorismu či kybernetických útoků.
- Moderní datová analytika a umělá inteligence umožňují prediktivní analýzu dopravních rizik, což pomáhá bezpečnostním složkám v plánování opatření k minimalizaci krizových situací.

Rozvoj ITS pomocí 5G sítí, Edge Computingu a umělé inteligence otevírá další nové možnosti pro ještě efektivnější řízení dopravy a bezpečnostních opatření. Digitalizace dopravní infrastruktury v rámci TEN-T umožní automatizaci řízení provozu, rozvoj autonomních vozidel a hlubší integraci dopravních a bezpečnostních systémů. ITS budou i nadále hrát klíčovou roli ve zlepšování bezpečnosti a plynulosti dopravy, a to nejen v evropském kontextu, ale i jako součást širšího konceptu Smart Cities a chytré mobility. V praxi se tato otázka často řeší prostřednictvím dohod mezi vojenskými a civilními subjekty, které definují podmínky využití dopravní a logistické infrastruktury. Příkladem je podpora při rozsáhlých vojenských cvičeních NATO v Evropě.

ITS zároveň umožňují efektivní integraci civilního a armádního využití, což bylo prezentováno i v Poslanecké sněmovně (na jednání Výboru pro obranu):

- Posílit schopnost ITS a odborného personálu reagovat na nové hrozby, mimořádné události a spolupracovat s AČR (např. přesuny vlastních a spojeneckých sil – HNS);
- Doplnit systémy ITS dle požadavků a potřeb AČR, např. doplnit sběr dat o stavu a provozu na pozemní komunikaci o detekci nových mimořádných událostí, předávat a sdílet tato data. Využít potenciál bezpilotních prostředků;
- Posílit infrastrukturu a vybudovat prvky aktivního řízení dopravy na vybraných úsecích pozemních komunikací tak, aby bylo možné účinně řídit dopravní proudy civilních a vojenských vozidel;
- Zapojit flotily vozidel správců pozemních komunikací / vozidel asistenčních služeb vybavených ITS a další technologií do řešení mimořádných událostí, které jsou nad rámec jejich základního určení;
- Zvýšit odolnost systémů ITS, stávajících i nově budovaných, proti kybernetickým útokům;
- Zpřístupnit a sdílet statická a dynamická data a informace, např. o stavu a provozu na pozemních komunikacích, mezi civilními systémy ITS, vč. IZS, a systémy AČR. Chránit citlivá data, např. výměna a účel data, přenos dat apod.

Použitá literatura

- [1] Příbyl, P. and Svítek, M. *Inteligentní dopravní systémy*, BEN: Praha, 2002. ISBN 80-7300-029-6
- [2] T. Tichý et al., Information Modelling and Smart Approaches at the Interface of Road and Rail Transport, *2023 Smart City Symposium Prague (SCSP)*, Prague, Czech Republic, 2023, pp. 1-8, doi: <https://doi.org/10.1109/SCSP58044.2023.10146231>.
- [3] Tichý T., Brož J., Pirník R., Kuchár P., Vlkovský M., Novák R.A., Máša P. Support for tunnel system dispatcher's decision-making using fuzzy expert module, *Neural Network World*, 2024, Volume 34 (5), pp. 293-315, doi: <https://doi.org/10.14311/NNW.2024.34.016>.
- [4] Tichý T., Brož J., Šmerda T., Lokaj Z.: Application of Cybersecurity Approaches within Smart Cities and ITS, In: *2022 Smart City Symposium Prague (SCSP)*. IEEE, 2022. p. 1-7. 978-0-7381-3158-0/21/\$31.00 ©2022 IEEE, ISSN 2691-3666, doi: <https://doi.org/10.1109/SCSP54748.2022.9792554>.

GEOSTRATEGIC IMPORTANCE OF THE BALTIC SEA - ANALYSIS OF THE INTENSIFICATION OF HYBRID THREATS DESPITE THE MILITARY SUPERIORITY OF NATO AND EU STATES IN THE AREA

Radosław TYŚLEWICZ¹

Abstract

The 'dominance' of NATO in the Baltic Sea, hailed by many commentators in 2022 after the announcement of its willingness to join and the subsequent admission of Finland (2023) and Sweden (2024) to the Alliance, did not, however, bring the expected calm and stability in the area. Somewhat contrary to expectations, incidents striking at the wellbeing of the Alliance states have intensified, while failing to warrant a clear military response against the circumstantially identified aggressor - Russia. In order to increase the ability to respond to threats in this area, it is known that at least two special forces units have been dislocated to the Baltic region - the German GSG and the Polish FORMOZA. The following article is an attempt to analyse this problem from a geostrategic perspective.

Key words:

NATO, war, military

INTRODUCTION

For nearly 600 years, the Baltic Sea has not been the arena of such intense struggles below the threshold of war, hitting international trade by sea. Ever since piracy was pushed out by the Hanseatic League in the 14th century and control of the Baltic Straits was settled in favour of King Henry IV of Denmark during the so-called Herring Wars, the basin has mainly acted as a route for the exchange of goods. Even the typically wartime period, be it the Napoleonic Wars or the First and Second World Wars, did not hit so hard on the sense of security of its use for economic cooperation including the exchange of goods and the transmission of information and energy.

1 MAIN

Analysing the change in the safety situation in the Baltic Sea between 1990 and 2025 in terms of incidents involving damage or temporary 'paralysis' of commercial vessels and maritime infrastructure facilities as well as disasters, one can see a significant increase in this type of situation after 2014 and a further intensification after 2021.

This is confirmed by the EMSA report from 2021, according to which there has been a significant increase in the number of maritime accidents and incidents in European waters of the Baltic Sea. Among other reasons, special units have been dislocated in at least two Baltic countries for this reason. In 2023, Poland decided to create another Combat Team within the FORMOZA Military Unit in Dziwnów and in 2024 (C Team), Germany announced the redeployment of the GSG 9 unit to the Neustadt in Holstein area.

¹ **PhD Radosław Tyślewicz PhD**, Proxy of the Rector-Commandant for Promotion, Head of the Promotion and International Exchange Department, Naval Academy in Gdynia, Akademia Marynarki Wojennej, Inż. J. Śmidowicza St. 69, 81-127 Gdynia

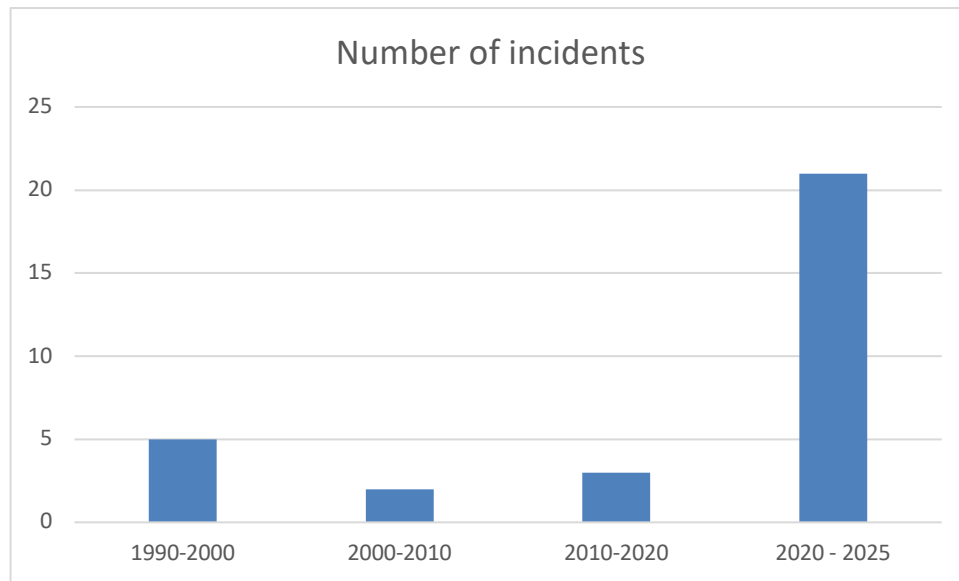


Figure 1 Number of incidents

The strategic impasse arising from NATO's theoretical military dominance and Russia's practical dependence on the export of its raw materials via the Baltic lies in the fact that all players currently fear Russian blackmail about blocking this body of water to all if this transit becomes impossible via this sea route. It is known that, at present, the military superiority of the Alliance does not translate into the possibility of 'closing' this particular route for the export of goods to Russia. The concern is mainly in the area of ecology in view of the threat of an oil spill caused intentionally or by a technical failure of one of the tankers of the so-called 'shadow fleet'. Another concern is, in the event of a 'blockage' of the Baltic Straits, the blocking of a possible route for the transfer of military aid to Lithuania, Latvia and Estonia should their eastern neighbour launch an invasion. The question remains, however, whether these fears are not overblown? Could the scale of an oil spill from a double-sided tanker cause a blockade of the entire Great Belt Strait? Would a collision between two vessels in the strait close the passage to all freight trade? To what extent will a possible blockade of the Great and Little Belt prevent war transport by sea through the Baltic Straits?

CONCLUSION

For the moment, one thing seems certain, whoever finds a way to block Russia's freight exchange through the Baltic without compromising the flow of goods from Asia and the internal exchange of goods of the Baltic Community, this one will not only win the entire body of water, but will be influential in pulling Belarus to the side of the West and resolving the war in Ukraine.

VLIV VIBRACÍ NA OBSLUHU DĚLOSTŘELECKÝCH ZBRAŇOVÝCH KOMPLETŮ: MOŽNOSTI MĚŘENÍ

THE IMPACT OF VIBRATIONS ON ARTILLERY WEAPON SYSTEM CREW: MEASUREMENT POSSIBILITIES

Viktor VITOUL¹

Abstrakt

Článek se zabývá vibracemi, které působí na obsluhu dělostřeleckých zbraňových kompletů. Vibrace představují jeden z průvodních jevů, který vedle dalších povýstřelových jevů může negativně ovlivnit zdraví vojenského personálu. V podmínkách Armády České republiky se tento jev týká zejména obsluh Samohybného minometu vz. 85 a Samohybné kanónové houfnice vz. 77, které jsou vibracím vystaveny nejen během střelby, ale i při výcviku s těmito zbraňovými komplety. Článek popisuje účinky vibrací na lidský organismus a míru možného poškození zdraví při dlouhodobém působení vibrací na obsluhu dělostřeleckých zbraňových kompletů. Cílem článku je návrh postupu a technického vybavení pro provedení terénního měření za účelem získání validních dat, která budou sloužit k porovnání s legislativními normami.

Klíčová slova:

vibrace, povýstřelové jevy, dělostřelectvo, minomet

Abstract

The article deals with vibrations affecting the operators of artillery weapon systems. Vibrations are one of the accompanying phenomena which, along with other post-firing effects, can negatively impact the health of military personnel. Within the conditions of the Army of the Czech Republic, this issue particularly concerns the crews of the Self-Propelled Mortar Model 85 and the Self-Propelled Howitzer Model 77, who are exposed to vibrations not only during live firing but also during training with these weapon systems. The article describes the effects of vibrations on the human body and the extent of potential health damage resulting from long-term exposure to vibrations in artillery weapon system operators. The aim of the article is to propose a procedure and technical equipment for conducting field measurements in order to obtain valid data that will be used for comparison with legislative standards.

Key words:

vibrations, post-shot effects, artillery, mortar

ÚVOD

Moderní vojenské operace kladou stále vyšší nároky na vojenský personál obsluhující zbraňové systémy. Dělostřelectvo je druh vojska, který poskytuje palebnou podporu manévrovým jednotkám při vedení boje. Obsluhy dělostřeleckých zbraňových kompletů jsou zásadním aktivem těchto činností. Vibrace jsou průvodním jevem činnosti dělostřelectva, kterému jsou vystaveny obsluhy dělostřeleckých zbraňových kompletů. V podmínkách dělostřelectva Armády České republiky se tento fenomén týká zejména osádek Samohybného minometu vz. 85 a Samohybné kanónové houfnice vz. 77, které jsou vibracím vystaveny nejen při střelbě, ale i během výcviku s těmito zbraňovými komplety.

V civilním prostředí jsou vibrace vnímány jako závažná pracovní zátěž a odborníci v oblasti pracovního lékařství je považují za významný rizikový faktor. Národní i nadnárodní legislativa proto stanovuje limity expozice vibracím s cílem chránit zdraví pracovníků. Vojenské prostředí se však vyznačuje odlišnými provozními podmínkami, v nichž je otázka ochrany personálu často podřízena primárnímu cíli – plnění

¹ Ing. Viktor Vitoul, Katedra palebné podpory, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, Brno, +420 973 443 456, viktor.vitoul@unob.cz

bojových úkolů. Přesto se v posledních letech ukazuje, že dlouhodobá expozice povýstřelovým a průvodním jevům dělostřelecké činnosti může vést k vážným zdravotním důsledkům [1,2].

Zkušenosti z nedávných konfliktů, jako je válka na Ukrajině či operace americké námořní pěchoty v Sýrii a Iráku, potvrzují, že intenzivní palebná činnost, spojená s vysokým počtem výstřelů v krátkém časovém období, má významný dopad na fyzické i psychické zdraví vojáků. Mezi hlavní rizika patří impulzní hluk, tlaková vlna, povýstřelové zplodiny, vznik mikročástic a vibrace, které mohou vést k dlouhodobému poškození pohybového aparátu, poruchám sluchu, respiračním problémům či kognitivnímu přetížení [1,2].

Navzdory existenci vojenských bezpečnostních předpisů, které regulují například expozici impulznímu hluku, zůstává problematika vibrací v oblasti dělostřelectva relativně opomíjena. Zatímco v civilním sektoru existují přísné normy stanovující maximální přípustné úrovně vibrací, délku expozice a ochranné prostředky, v armádním prostředí chybí komplexní přístup k této problematice. Přitom moderní vojenské operace kladou stále vyšší nároky na obsluhu dělostřeleckých systémů, která je klíčovým faktorem úspěšného vedení boje a její ochrana se tak stává naprostou nutností.

Cílem článku je navrhnout metodiku měření vibrací v terénních podmínkách a určit, jaké technologie jsou pro tato měření nejvhodnější. Popsat vliv vibrací na lidský organismus a míru jejich potenciálního zdravotního rizika. Porovnat získaná data s platnými normami a předpisy a zvážit možnosti zavedení opatření ke snížení negativních dopadů vibrací na obsluhu dělostřeleckých zbraňových kompletů.

Dlouhodobá expozice vibracím je reálným problémem s potenciálně závažnými důsledky pro fyzickou kondici, efektivitu a bojeschopnost vojáků [3,4,5]. Proto je nezbytné tuto problematiku systematicky zkoumat a přijmout odpovídající opatření k ochraně vojenského personálu.

1 PRŮVODNÍ A POVÝSTŘELOVÉ JEVY

Při obsluze dělostřeleckých zbraňových kompletů jsou jejich obsluhy vystaveny různým průvodním a povýstřelovým jevům. Tyto jevy můžeme chápat jako negativní externality, které mají potenciál při dlouhodobé expozici poškodit zdraví vojáků.

1.1 POVÝSTŘELOVÉ JEVY

Povýstřelové jevy lze charakterizovat jako události vznikající v návaznosti na výstřel dělostřeleckého zbraňového kompletu. Za povýstřelové jevy můžeme považovat:

- rázová vlna;
- impulzní hluk;
- vznik mikročástic;
- dynamické teplotní změny.

1.2 PRŮVODNÍ JEVY

Nad rámec těchto jevů vznikajících jako následek výstřelu dělostřeleckého zbraňového kompletu působí na obsluhy také průvodní jevy. Ty jsou na rozdíl od povýstřelových jevů charakteristické délkou expozice, která může trvat až několik hodin či dní.

Průvodními jevy jsou:

- provozní hluk;
- provozní motorové zplodiny;
- vibrace.

2 VIBRACE

Vibrace jsou mechanické oscilace hmotného bodu nebo soustavy kolem rovnovážné polohy. Vznikají v důsledku působení dynamických sil a mohou být pravidelné (harmonické) nebo nepravidelné (náhodné) [3].

2.1 ROZDĚLENÍ VIBRACÍ

Vibrace lze rozdělit podle různých kritérií:

- podle zdroje vzniku:
 - přirozené – vznikají jako důsledek přirozených procesů (např. zemětřesení).
 - umělé (technologické) – generované stroji, vozidly, výbuchem atd.
- podle směru působení:
 - translační – pohyb v přímé linii (dopředu/dozadu, nahoru/dolů).
 - rotující – pohyb kolem osy.
- podle kontaktu s člověkem:
 - vibrace přenášené na celé tělo – působí především při řízení vozidel, těžké techniky nebo při práci na plošinách.
 - vibrace přenášené na ruce a paže – vznikají při používání ručního nářadí (např. pneumatická kladiva, brusky, vrtačky).
- podle frekvence:
 - nízkofrekvenční (0,5–20 Hz) – ovlivňují rovnováhu a koordinaci pohybu.
 - středněfrekvenční (20–1000 Hz) – způsobují poškození měkkých tkání a nervů.
 - vysokofrekvenční (nad 1000 Hz) – vedou k mikroskopickým poškozením tkání [4,5].

Projevy provádějící obsluhu dělostřeleckých zbraňových kompletů a vedení střelby z nich lze podle uvedených kategorií zařadit z hlediska vzniku do skupiny umělých vibrací, které budou přenášené na celé tělo. Charakter vibrací z hlediska směru působení a frekvence bude třeba zjistit pomocí měření v rámci terénního experimentu.

2.2 VLIV VIBRACÍ NA ČLOVĚKA

Dlouhodobé vystavení vibracím může mít závažné zdravotní důsledky. Jejich povaha a rozsah závisí na intenzitě, frekvenci a délce expozice.

- účinky celotělových vibrací:
 - poškození páteře a meziobratlových plotének.
 - zvýšené riziko bolesti dolní části zad.
 - negativní vliv na vnitřní orgány (zejména ledviny a trávicí soustavu).
 - snížená koncentrace a únava, poruchy spánku.
- účinky vibrací přenášených na ruce a paže:
 - poruchy prokrvení vedoucí k necitlivosti prstů – tzv. syndrom bílých prstů.
 - poškození nervového systému – snížená citlivost, brnění rukou.
 - degenerativní změny kloubů a kostí [3,5].

Síly a prostředky (vojenský personál a vojenská technika) můžeme považovat za aktiva nutná ke splnění úkolu. Z velitelsko-manažerského úhlu pohledu jsou všechny uvedené možné zdravotní komplikace rizikem, které působí na vojenský personál. Degradace těchto aktiv bude mít dopad na jeho plnění. Velká část možných zdravotních komplikací se projeví v dlouhém horizontu a bude mít na svědomí pracovní neschopnost či vyžadovat nutnost změny služebního zařazení. Jiné důsledky působení vibrací, jakou snížená koncentrace a únava, však mohou být potenciálně nebezpečné z důvodu vyššího sklonu k chybovosti, porušení bezpečnostních opatření a vzniku nepřesností. Při činnostech dělostřeleckých jednotek je v rámci obsluhy dělostřeleckých zbraňových kompletů zásadní právě preciznost a striktní dodržování postupů obsluhy techniky. Dodržování bezpečnostních opatření je nezbytné z důvodu ochrany zdraví jednotlivce i zachování bojeschopnosti jednotky.

Průvodní a povýstřelové jevy nikdy nepůsobí izolovaně. V závislosti na druhu a konstrukčních charakteristikách dělostřeleckého zbraňového kompletu bude kombinace a intenzita působení jevů různá. U minometů bude obsluha vystavena povýstřelovým jevům různé intenzity v závislosti na ráži a velikosti použité náplně k vystřelení miny. U samohybných děl a samohybných minometů bude zásadním aspektem konstrukční řešení zbraňové nástavby.

2.3 LEGISLATIVA

Na nadnárodní (evropské) úrovni jsou limity expozice vibracím stanoveny směrnicí 2002/44/ES [6]. V národních podmínkách existují dva základní dokumenty, které vycházejí z evropské směrnice. Jedná se o nařízení vlády ČR č. 272/2011 Sb. [7], které stanovuje obecně platné limity pro vibrace v pracovním prostředí a ukládá zaměstnavatelům povinnost zajistit bezpečné podmínky pro zaměstnance. Druhým dokumentem je norma ČSN ISO 2631-5 [8], která je technickým standardem popisujícím specifickou problematiku vibrací s rázovým charakterem a způsob jejich měření.

2.3.1 ČSN ISO 2631-5 – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím

Norma ČSN ISO 2631-5 je součástí širšího souboru norem ISO 2631, které se zabývají celotělovými vibracemi. Tato konkrétní část je zaměřena na hodnocení vibrací, které mají charakter opakovaných rázů, což je typické pro vojenskou techniku pohybující se v terénu, včetně dělostřeleckých systémů.

Norma definuje metodiku měření vibrací s rázovým charakterem a jejich dopad na lidské tělo, především na páteř. Zaměřuje se na opakovaně působící rázové zatížení, které může způsobovat chronická poškození páteře, zejména při dlouhodobé expozici. Využívá „SPM (Spinal Posture Measurement) Index“, který hodnotí míru zatížení dolní části páteře v důsledku rázových vibrací. Poskytuje limity expozice, které jsou stanoveny na základě pravděpodobnosti vzniku zdravotních komplikací [8].

2.3.2 Nařízení vlády ČR č. 272/2011 Sb. – Hygienické limity pro vibrace v pracovním prostředí

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. stanovuje limity expozice mechanickým vibracím v pracovním prostředí v České republice. Nařízení je závazné pro zaměstnavatele a definuje mezní hodnoty vibrací pro celotělové vibrace a vibrace přenášené na ruce. Stanovuje metody měření vibrací v souladu s normami ISO a povinnosti zaměstnavatelů v oblasti prevence a ochrany zdraví zaměstnanců vystavených vibracím.

- Limitní hodnoty celotělových vibrací:
 - akční hodnota: 0,5 m/s².
 - mezní hodnota: 1,15 m/s² [8].

2.4 MĚŘENÍ

Měření vibrací se provádí různými technickými prostředky v závislosti na účelu měření, požadované přesnosti a typu zařízení, které je měřeno. Při měření a vyhodnocování naměřených hodnot je nutné dodržovat příslušné normy.

Mezi nejběžnější technické prostředky pro měření vibrací patří piezoelektrické akcelerometry používané pro přesné a citlivé měření širokého rozsahu frekvencí. Pro nízkofrekvenční vibrace jsou vhodné kapacitní akcelerometry. Principu elektromagnetické indukce pro měření vibrací v jednotkách rychlosti (mm/s) se používají velocimetry (rychloměry). Pro měření relativního pohybu (např. excentricity rotoru) se používají snímače posunutí. Z hlediska měření délky expozice se měřicí přístroje používají ve spektru od krátkých časových úseků expozice vibracím (např. při plnění palebných úkolů dělostřeleckého zbraňového systému) až po dlouhodobý online monitoring vibrací.

2.4.1 Přístroj pro měření vibrací VibA

Pro terénní měření vibrací u dělostřeleckých zbraňových kompletů je vhodným měřicím přístrojem VibA v kombinaci se sedadlovým akcelerometrem SV 38.



Obr. 2 Měřicí přístroj VibA se akcelerometrem SV38
Zdroj: [9]

Přístroj VibA je přenosný měřič vibrací navržený pro měření vibrací přenášených na celé tělo i na ruce. Zobrazení naměřených hodnot je uvedeno v jednotkách m/s^2 , bodech a maximální povolené expozici. Velká kapacita paměti a software pro analýzu dat bude vhodným nástrojem pro opakované měření na různých pracovištích obsluhy dělostřeleckých zbraňových kompletů při měření hodnot při různých scénářích činnosti.

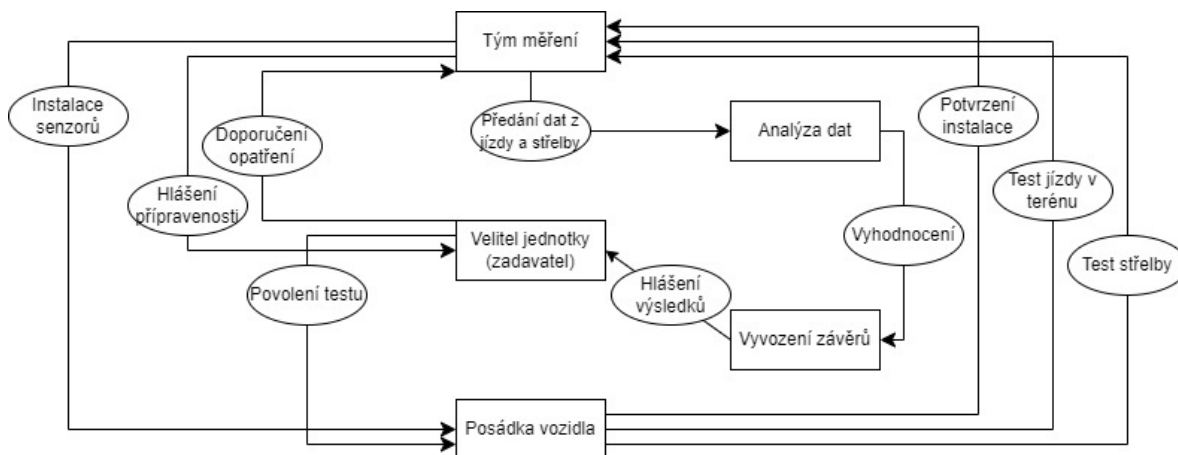
K přístroji VibA se připojuje sedadlový akcelerometr SV 38. SV 38 je tříosý akcelerometr založený na MEMS technologii, určený pro měření vibrací přenášených přes sedadlo a opěradlo. Akcelerometr splňuje normu ISO 2631 pro měření vibrací celého těla. Citlivost senzoru je $100 \text{ mV}/(\text{m/s}^2)$ při 15,915 Hz a měřicí rozsah od $0,01 \text{ m/s}^2 \text{ RMS}$ do 50 m/s^2 ve frekvenčním rozsahu 0,1 Hz až 100 Hz [9, 10].

2.5 NÁVRH TEREENNÍHO EXPERIMENTU

Předmětnými dělostřeleckými zbraňovými komplety budou Samohybný minomet vz. 85, který je v podmínkách AČR ve výzbroji příslušníků minometné baterie 72. mechanizovaný prapor a Samohybná kanónová houfnice vz. 77., která je standardní palebným prostředkem 13. dělostřeleckého pluku.

Cílem terénního experimentu bude získání dat reprezentujících hodnoty vibrací při zamýšlených scénářích, které odpovídají běžným/standardním výcvikovým aktivitám dělostřeleckých jednotek. Získaná data budou porovnána s normami stanovenými legislativou stanovující maximální hodnoty expozice vibracím. Následně, v závislosti na výsledných hodnotách, budou stanoveny návrhy k minimalizaci působení vibrací na obsluhu.

Měření proběhne ve vojenských výcvikových prostorech ve standardním režimu výcvikových aktivit. Organické obsluhy dělostřeleckých zbraňových kompletů budou vybaveny standardní ústrojí a výstrojí. Na obrázku 2 je znázorněno schéma postupu při přípravě, provedení měření a vyhodnocení naměřených hodnot.



Obr. 2 Funkční schéma měření vibrací v terénu

Zdroj: [vlastní]

Postup měření zahrnuje následující kroky:

Příprava akcelerometru SV 38 k měřiči vibrací VibA.

Umístění akcelerometru na sedadlo nebo opěradlo na pracovišti obsluhy (viz obr. 3).



Obr. 3 Pracovní prostor mířice ShM – místo pro umístění měřicího přístroje

Zdroj: [11]

Měření bude probíhat ve třech scénářích, které reprezentují typické a často prováděné činnosti dělostřeleckých jednotek:

- během jízdy v terénu – při výcviku v řízení bojových vozidel, kdy jsou střídány různé terénní profily a rychlosti.
- při běžném manévrování – při činnostech v rámci odborně-taktické přípravy.
- Při plnění palebných úkolů – reakce na zpětný ráz.

Analýza naměřených dat pomocí softwaru pro vyhodnocení expozice vibracím a porovnání s platnými normami:

- předzpracování naměřených dat.
- výpočet expozičních parametrů (RMS, A(8), CF).
- analýzu frekvenčního spektra vibrací (FFT analýza).
- porovnání s normami (ISO 2631-1-5, EU 2002/44/EC).
- doporučení pro snížení vibrací.

ZÁVĚR

Článek shrnuje teoretická východiska pro řešení problému vibrací a rozpracovává návrh řešení této problematiky za účelem stanovení konkrétních opatření. Návrh řešení je poté založen na definování procesu zkoumání formou terénního experimentu.

Dlouhodobé vystavení vibracím, v kombinaci s ostatními povýstřelovými a průvodními jevy, má potenciál u dělostřeleckých jednotek představovat závažné zdravotní riziko, zejména v oblasti pohybového aparátu, kognitivních funkcí a celkové bojeschopnosti vojáků. Navzdory existujícím vojenským bezpečnostním předpisům zůstává problematika vibrací v této oblasti nedostatečně řešena, přičemž civilní sektor disponuje detailnějšími normami a přísnějšími regulacemi.

Plánované terénní měření se zaměří na tři klíčové scénáře výcviku – přesuny v terénu, běžné manévrování a plnění palebných úkolů. Použití moderních měřicích zařízení, jako je přístroj VibA a akcelerometr SV 38, umožní získání validních dat a jejich analýzu ve vztahu k platným normám. Na základě výsledků budou navržena opatření ke snížení expozice vibracím, zahrnující technická vylepšení dělostřeleckých systémů, optimalizaci pracovních podmínek a přizpůsobení výcvikových metodik. Důraz bude kladen na preventivní opatření, vhodnou ergonomii a využití dostupných technologií ke zmírnění negativních dopadů vibrací na vojenský personál. Implementace těchto opatření přispěje nejen k ochraně zdravotního stavu vojáků, ale také k udržení jejich výkonu a dlouhodobé efektivity bojových jednotek.

Použitá literatura

- [1] *Blast Overpressure Effects*. Marine Corps, 2019.
- [2] PHILIPPS, Dave. *Five Takeaways From a Times Investigation of Artillery Blast Exposure*. The New York Times, 2023.
- [3] GRIFFIN, Michael J. *Handbook of human vibration*. London: Elsevier Academic Press, 1996. ISBN 01-230-3041-2.
- [4] *Vibrace přenášené na člověka*. Online. Státní zdravotní ústav. 2025. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/pracovni-prostredi-a-zdravi/factory-pracovniho-prostredi/fyzikalni/vibrace/vibrace-prenasene-na-cloveka/>. [cit. 2025-02-02].
- [5] NEUGEBAUER, Gerhard; JANČUROVÁ, Laurencia; MARTIN, János; JANDÁK, Zdeněk a MANEK, Thomas. *Rizika expozice vibracím přenášeným na ruce a tělo*. Online. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. 2024. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/produkty/publikace-ke-stazeni/rizika-expozice-vibracim-prenaseny-na-ruce-a-telo.pdf>. [cit. 2025-02-02].
- [6] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA. 2002/44/ES, *O minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví před expozicí zaměstnanců rizikům spojeným s fyzikálními činiteli (vibracemi)*. Evropská unie, 2002.

- [7] VLÁDA ČESKÉ REPUBLIKY. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. 2011.
- [8] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. ČSN ISO 2631-5, *Vibrace a rázy – Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím – Část 5: Metoda hodnocení vibrací obsahujících sdružené rázy*. 2020.
- [9] *Víba měřič vibrací*. Online. Castlegroup. Dostupné z: https://www.castlegroup.co.uk/viba8/?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-02-02].
- [10] *SV 38 – IEPE whole body seat accelerometer*. Online. Svantek. 2025. Dostupné z: https://svantek.com/accessories/sv-38-iepe-whole-body-seat-accelerometer/?utm_source. [cit. 2025-03-02].
- [11] *Interiér ShM vz. 85: Pracoviště mířiče*. Archív minbat/72.mpr, 2023.

VOJENSKÁ MOBILITA – DOPORUČENÍ PRO ROZVOJ TEN-T

MILITARY MOBILITY – RECOMMENDATIONS FOR THE TEN-T DEVELOPMENT

Martin VLKOVSKÝ¹

Abstrakt

Kritická dopravní infrastruktura hraje klíčovou roli při zajištění vojenské mobility vlastních ozbrojených sil (Armády České republiky), ale i ozbrojených sil členských států Severoatlantické aliance (NATO). Cílem příspěvku je prezentovat jeden z výstupů realizovaného projektu Technologické agentury České republiky KRIZTRANS – CK03000182 „Výzkum stavebně-technických požadavků na využití národní pozemní infrastruktury TEN-T k řešení krizových situací velkého rozsahu“ (Technologická agentura České republiky, 2022–2025). V dané oblasti byl zpracován a následně certifikován cestou ředitele Sekce logistiky Ministerstva obrany České republiky (ČR), nelegislativní předpis typu Hneleg s názvem „Metodické pokyny k budoucímu rozvoji dopravní sítě a její funkcionality při realizaci vojenských přesunů a přeprav“. Cílem zpracovaných Metodických pokynů je řešení klíčových stavebně-technických gapů s ohledem na kapacitní možnosti TEN-T (Transevropské dopravní sítě), resp. určené silniční sítě (USS) a určené železniční sítě (UŽS).

Klíčová slova:

NATO, pokyn, infrastruktura.

Abstract

Critical transport infrastructure plays a key role in ensuring the military mobility of national armed forces (the Armed Forces of the Czech Republic), as well as the armed forces of NATO member states. The aim of this paper is to present one of the outputs of the project funded by the Technology Agency of the Czech Republic: KRIZTRANS – CK03000182, titled “Research on structural and technical requirements for the use of the national TEN-T land infrastructure for managing large-scale crisis situations” (Technology Agency of the Czech Republic, 2022–2025). In this area, a non-legislative regulation (type Hneleg) was developed and subsequently certified by the Director of the Logistics Section of the Ministry of Defence of the Czech Republic. The regulation is titled:

“Methodical Guidelines for the Future Development of the Transport Network and Its Functionality in the Execution of Military Movements and Transport.” The goal of these Methodical Guidelines is to address key structural and technical gaps in relation to the capacity and readiness of the TEN-T (Trans-European Transport Network)—specifically the designated road network (USS) and the designated rail network (UŽS).

Key words:

NATO, guideline, infrastructure.

ÚVOD

Metodické pokyny navrhuji 4 komplexní opatření k dosažení cíle a 4 oblasti (vrstvy), které vyžadují systematický rozvoj.

Komplexní opatření jsou následující:

1. Revidovat (aktualizovat) USS/UŽS s ohledem na aktuální bezpečnostní situaci a nový model NATO s cílem vyřešit kapacitní/stavebně-technický nesoulad mezi současným stavem a požadavky na USS/UŽS.
2. Nastavit procesní model realizace dopravních staveb na USS/UŽS, vč. zahrnutí požadavků na vojenskou mobilitu.

¹ doc. Ing. Martin VLKOVSKÝ, Ph.D., Katedra palebné podpory, Fakulta vojenského leadershipu, Univerzita obrany, Kounicova 65, Brno, +420 973 443 456, martin.vlkovsky@unob.cz

3. Pravidelně aktualizovat prioritní seznam dopravních staveb na USS/UŽS, vč. určení Point of Contact z obou zainteresovaných ministerstev (Ministerstva obrany ČR a Ministerstva dopravy ČR).
4. Respektovat existující dokumenty (např. akční plány Ministerstva dopravy ČR) a zahrnout výše uvedené do připravované Koncepce rozvoje dopravní infrastruktury pro vojenskou dopravu.

1 OBLASTI

Definované oblasti (vrstvy) jsou potom následující (viz schéma):

- A) Novelizovat příslušnou legislativu s možností prioritizace vojenských přesunů, včetně revize/aktualizace USS/UŽS (LEGISLATIVNÍ VRSTVA)

Zabezpečení vojenské mobility v rámci ČR má v první řadě legislativně-právní rovinu. Zásadním nedostatkem v současné době je, že v případě realizace nejhorších scénářů, které by vedly k nadstandardnímu využívání TEN-T, mají vojenské přesuny omezenou legislativně-právní oporu. Nicméně na základě ustanovení § 22 odst. 2 vyhlášky č. 173/1995 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění pozdějších předpisů, provozovatel dráhy uplatní operativní řízení drážní dopravy. Provozovatel dráhy využívá operativní řízení při mimořádnostech v drážní dopravě, mezi něž je výslovně zahrnuto zavedení mimořádných vlaků. Mimořádný vojenský vlak je přitom vlakem mimořádným v obecném zájmu ve smyslu § 22 odst. 2 písm. b) uvedené vyhlášky, a tedy s nejvyšší prioritou při operativním řízení (hned za nutnými pomocnými). Novelizací zákona č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách, která vstoupila v platnost dne 1. prosince 2023, byl zapracován do § 2, odstavce (16) pojem „mimořádný vojenský vlak“. Definice byla zahrnuta do vnitřních předpisů Správy železnic s. o., které upravují prioritu přidělování přepravní kapacity na železniční trati, konkrétně pro Mimořádný vojenský vlak je přidělena priorita č. 1.“

S výše uvedeným opatřením, a to vydefinováním vojenského vlaku, který částečně zasahuje do prioritizace osobní dopravy na železnici, zůstává klíčový problém, kterým je nemožnost zásadního zasahování do civilního provozu. V rámci silničního přesunu, který bude tvořit páteř vojenského přesunu, lze pouze zajistit dočasného odstranění uzavírek nebo pozastavení oprav a údržby a zajištění řízení cestou Vojenské policie, resp. Policie ČR. Nicméně v součinnosti lze aplikovat pro provádění částečných a úplných uzavírek mimo krizové režimy pouze na základě povolení silničního správního úřadu, kterým je pro dálnice Ministerstvo dopravy ČR.

- B) Soustředit se na specifika vojenských mobilit a provést příslušné simulace vojenských přesunů (KAPACITNÍ VRSTVA)

Zabezpečení vojenské přepravy lze chápat jako vojenský pozemní přesun/přepravu vojenského materiálu a osob z míst stálé dislokace do cílové destinace. V rámci tohoto procesu je třeba naplánovat trasy a časy přesunů vojenských konvojů, vč. míst odpočinku (Rest on Movement, RoM / Rest on Night). Cílem je koordinace činností s ohledem na kapacitní možnosti USS/UŽS. V pozadí tohoto procesu jsou nicméně i stavebně-technické aspekty (omezení), do kterých navíc vstupují externí subjekty. V rámci ČR je to především MD ČR a infrastrukturní (majetkoví) správci (Ředitelství silnic a dálnic, Správa železnic). Celý proces přesunu vojenských jednotek armád členských států NATO je realizován s podporou ČR (Host Nation Support, HNS). HNS má zajistit především hladký a koordinovaný průjezd ČR, včetně zajištění nezbytné logistiky (vytváření odpočívek, doplňování paliva, poskytování odsunových kapacit v případě výskytu technického problému apod.).

Předpokladem jsou dílčí kapacitní nedostatky – především u nejhoršího scénáře, který je v utajovaném režimu (NATO Secret) a nelze jej tak konkretizovat. V daném scénáři bude docházet k přesunu velkého počtu vojenských jednotek ze západu na východ přes území ČR. Předpokladem je udržet standardní režim, tedy vojenská jednotka/max. 48 hodin na území ČR, včetně odpočinku a dalších nezbytných činností (např. oprav). Cílem by měla být, v extrémních situacích a pouze dočasně, možnost zásadního omezení, popř. zastavení civilního provozu (s výjimkou složek Integrovaného záchranného systému ČR).

Součástí opatření je i možnost využití inteligentních dopravních systémů (ITS) a nových technologií k lepšímu řízení dopravního proudu, především v úzkých místech.

Uvedené však závisí na poměru mezi reálnou propustností – kapacitou dopravních cest (USS/UŽS) a počtem vozidel. Pro tyto účely by mělo mít Ministerstvo obrany ČR k dispozici provedené kapacitní simulace vybraných konvojů (scénářů) k zajištění bezproblémové realizace vojenských přesunů a přeprav, včetně z toho vyplývajících požadavků na HNS. Simulace vybraných scénářů rovněž umožní odhalit další předpokládané gapy v rámci komplexního zabezpečení HNS vojenských přesunů a přeprav.

- C) Prioritizovat příslušné infrastrukturní objekty (primárně mosty) v systému údržby a oprav ve spolupráci MD ČR/MO ČR, vč. odpočívek (STAVEBNĚ-TECHNICKÁ VRSTVA)

Stavebně-technické hledisko je časově velmi náročné a vyžaduje navíc aspekt udržitelnosti a dynamiky. Udržitelnost ve smyslu zajištění průjezdu nejen prvního konvoje, ale všech konvojů vozidel tak, aby byly klíčové infrastrukturní prvky stále v odpovídajícím (min. dostačujícím) technickém stavu. Např. u mostů je zajištění odpovídajícího technického stavu s velkým otazníkem především z důvodu nadstandardnosti využití TEN-T, tedy i těchto konkrétních infrastrukturních prvků. Pro dokreslení se u výše zmíněného scénáře může jednat o situaci, kdy se z pohledu nadměrnosti přeprav (vyššího zatížení – celkového/nápravového, než je běžné), budou příslušné mosty zatíženy za jeden týden realizace vojenských přesunů více než za 1-2 „běžné“ roky. Dopad na technický stav mostů je tak třeba hodnotit dynamicky, tedy simulovat toto nadstandardní využití, navíc v takto krátkém časovém úseku. Uvedené není zatím k dispozici a lze tak pouze předpokládat, že již během prvního týdne vojenských přesunů se budou některé mosty přesouvat ze „zelené“ kategorie (Použití bez omezení), kdy je most v bezvadném (I.), velmi dobrém (II.) nebo alespoň dobrém (III.) stavu, do kategorie „žluté“ (použití s omezením), kdy je most v uspokojivém (IV.) nebo špatném (V.) stavu.

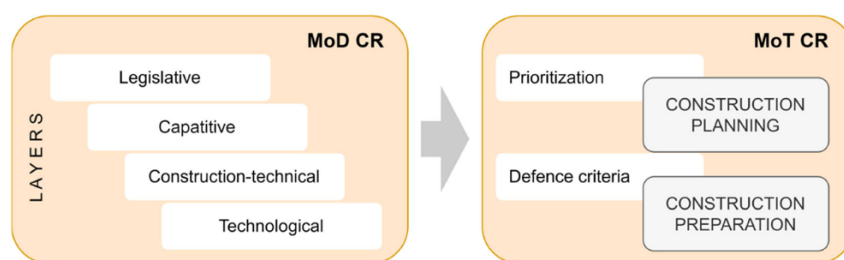
Stavebně-technická rovina je v daném pojetí v systému údržby, oprav a modernizací příslušných mostů. Pokud proces nebude plánovitý s odpovídající prioritizací a finančními prostředky, může být stav daných mostů v momentě zahájení realizace příslušného scénáře již ve žluté kategorii nebo dokonce v červené kategorii. Např. na páteřní komunikaci – dálnici D1 byly 2 dálniční mosty v roce 2024 dokonce v červené kategorii (ve velmi špatném stavu) a několik desítek ve žluté kategorii.

- D) Využívat nástrojů ITS a nových technologií (TECHNOLOGICKÁ VRSTVA).

Technologická vrstva byla prezentována doc. Tichým (ČVUT).

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že rozvoj dopravní infrastruktury, především TEN-T a v daném kontextu USS/UŽS, je klíčovou podmínkou realizace vojenských přesunů a vojenských přeprav Armády ČR, ale i armád členských států NATO. Předložené metodické pokyny mají za cíl vytvořit a nastavit komunikační nástroj (interface) mezi dotčenými subjekty (především mezi zainteresovaným Ministerstvem obrany ČR a Ministerstvem dopravy ČR a infrastrukturními správci). Předpokladem je, že se bude situace a bezpečnostní prostředí dále měnit a bude třeba na tyto změny dále systematicky reagovat. Změny lze vnímat i pozitivním směrem, což souvisí s rozvojem nových technologií (např. ITS), které umožní např. kapacitní problémy zmírnit cestou sofistikovanějšího řízení dopravy. Nedostatky a omezení identifikované ve 4 stěžejních vrstvách (legislativní, kapacitní, stavebně-technické a technologické) lze využít pro další diskuzi a rozvoj spolupráce mezi dotčenými subjekty.



Název: 19. doktorandská konference: Nové přístupy k zajištění bezpečnosti státu

Editor: Ing. et Ing. Darya GOLUBENKO, npor. Ing. Bc. Kateřina HOCOVÁ, PhDr. Radka RYPL DUŠKOVÁ

Vydavatel: Univerzita obrany, Brno

Rok vydání: 2025

Vydání: první, elektronické

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-7582-580-3