



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

**Višekriterijsko odlučivanje u procesu odabira
oklopnog sredstva za potrebe Oružanih snaga
Republike Hrvatske**

Specijalistički rad

Josip Lukinac

Zagreb, 2026. godine



Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Poslijediplomski specijalistički sveučilišni studijski program

Industrijsko inženjerstvo i menadžment

Višekriterijsko odlučivanje u procesu odabira oklopnog sredstva za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske

Specijalistički rad

Josip Lukinac

Student poslijediplomskog specijalističkog studija Industrijsko inženjerstvo i menadžment

Mentor rada: prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

Zagreb, 2026. godine

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU:

UDK: _____

Ključne riječi: _____

Znanstveno područje: TEHNIČKE ZNANOSTI

Znanstveno polje: Strojarstvo

Institucija u kojoj je rad izrađen: _____

Mentor rada: _____

Broj stranica: _____

Broj slika: _____

Broj tablica: _____

Broj korištenih bibliografskih jedinica: _____

Datum obrane: _____

Povjerenstvo: _____

Institucija u kojoj je rad pohranjen: _____



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Poslijediplomski specijalistički studij
Smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment



Zagreb, 25.8.2025.

Zadatak za završni rad

Kandidat: **Josip Lukinac**

Naslov zadatka: **Višekriterijsko odlučivanje u procesu odabira oklopnog sredstva za potrebe Oružanih snaga Republike Hrvatske**

Opis zadatka:

Odabir borbenog oklopnog sredstva (tenka) predstavlja složen strateški zadatak koji mora uzeti u obzir niz tehničkih, taktičkih, logističkih i ekonomskih kriterija, a sve u skladu sa specifičnostima organizacije i djelovanja Oružanih snaga Republike Hrvatske (OSRH). S obzirom na kompleksnost problema i potrebu za transparentnim i argumentiranim odlučivanjem, korištenje metoda višekriterijskog odlučivanja (MCDM), poput AHP (Analytic Hierarchy Process), omogućuje strukturiranu analizu i vrednovanje dostupnih opcija. U ovom radu analizirat će se relevantni kriteriji za odabir glavnog borbenog tenka, uključujući taktičko-tehničke karakteristike (oklop, mobilnost, vatrena moć), kompatibilnost s NATO standardima, klimatske i geografske uvjete Republike Hrvatske, troškove nabave i održavanja, te mogućnosti domaće industrijske podrške.

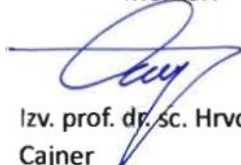
U skladu s navedenim, u radu je potrebno:

- Prikazati teorijske osnove višekriterijskog odlučivanja, s posebnim naglaskom na metodu AHP, te analizirati njenu primjenu u vojnim nabavnim procesima.
- Definirati i kvantificirati kriterije relevantne za procjenu oklopnog sredstva (tenka), u skladu sa zahtjevima i ustrojem OSRH, analizom geografskih i klimatskih uvjeta, te iskustvima drugih članica NATO-a.
- Prikupiti i usporediti podatke o odabranim sredstvima (tenkovima) koji su potencijalni kandidati za uvođenje u OSRH.
- Primijeniti metodu AHP na definirani skup kriterija i alternativa, provesti analizu osjetljivosti i donijeti preporuku o optimalnom rješenju.
- Na temelju rezultata dati preporuke za unapređenje procesa odlučivanja i moguće smjernice za daljnja istraživanja i primjene metoda višekriterijskog odlučivanja (engl. MCDM) u planiranju izgradnje obrambenih sustava.

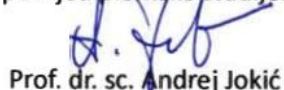
Zadatak zadan:

Rad predan:

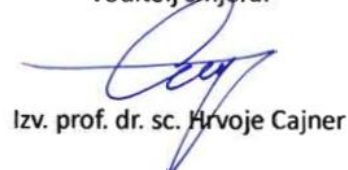
Mentor:


Izv. prof. dr. sc. Hrvoje
Cajner

Predsjednik Odbora za
poslijediplomske studije:


Prof. dr. sc. Andrej Jokić

Voditelj smjera:


Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

SADRŽAJ

PREDGOVOR	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
POPIS OZNAKA S MJERNIM JEDINICAMA	VII
POPIS KRATICA	VIII
POPIS SLIKA	IX
POPIS TABLICA.....	X
1. UVOD.....	1
2. VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE	3
2.1. Definicija i osnovne karakteristike	3
2.2. Razlozi primjene metoda višekriterijskog odlučivanja	3
2.3. Pregled najvažnijih metoda.....	4
3. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP).....	13
4. ANALIZA KLJUČNIH ZNAČAJKI POSTUPKA NABAVE GLAVNOG BORBENOG TENKA.....	27
4.1. Trenutno stanje.....	27
4.2. Odabir kriterija za nabavu.....	32
4.3. Definiranje alternativa.....	49
4.4. Uspoređivanje u parovima, izračun težina i konzistencije.....	62
5. ZAKLJUČAK.....	85
6. BIBLIOGRAFIJA	86
7. ŽIVOTOPIS.....	93
8. ŽIVOTOPIS NA ENGLESKOM JEZIKU.....	94

PREDGOVOR

U jeku suvremenih okolnosti i rastućih geopolitičkih napetosti, vojske mnogih država ponovno su se našle pod povećalom, što se očituje u povećanim proračunskim izdvajanjima za obranu. Dodatno uloženi novac u tako financijski gladan sustav poput vojske zasigurno treba biti opravdan pred javnošću. Zato su metode višekriterijskog odlučivanja prikladan alat za pristupanje izazovu nabave novih sredstava, a napose AHP metoda kao jedna od najkorištenijih. Jedno od ključnih sredstava suvremenih vojski bez kojih se, usprkos tvrdnjama nekih kritičara, ne može razmišljati o ozbiljnim, borbeno spremnim oružanim snagama jesu upravo glavni borbeni tenkovi. Budući da oni sami po sebi nisu jeftini i zahtijevaju veliki popratni logistički sustav kako bi bili operativni, glavni borbeni tenkovi time predstavljaju veliki trošak državnoj blagajni iza kojeg donositelji odluka trebaju stati s objektivnim razlozima.

Motivaciju za istraživanje i obradu ove teme autor je prepoznao u vlastitom zanimanju za glavne borbene tenkove kao i u učestalom susretanju s mnogobrojnim situacijama, kako u privatnom tako i u poslovnom okruženju, u kojima je bilo potrebno donositi različite odluke. Uočivši važnost objektivnog donošenja odluka, namjera proširenja znanja o različitim metodama višekriterijskog odlučivanja bila je usmjerena prema postizanju boljeg razumijevanja tih metoda, čime bi se osigurala veća jasnoća samoga procesa donošenja odluka, što bi svakako pridonijelo učinkovitijem rješavanju izazova u poslovnom i privatnom životu.

SAŽETAK

Unatoč brojnim izazovima današnje bojišnice, glavni borbeni tenk i dalje pronalazi svoju svrhu na suvremenom bojnopolju. No, odabir glavnog borbenog tenka predstavlja složen strateški zadatak koji zahtijeva uzimanje u obzir niza tehničkih, taktičkih, logističkih, geopolitičkih i ekonomskih kriterija. Stoga ovaj rad služi kao pomoć prilikom procesa odabira takvog sredstva. Prilikom odabira tako složenog sredstva nužno je korištenje metoda višekriterijskog odlučivanja zbog složenosti problema i potrebe za transparentnim i argumentiranim odlučivanjem kako bi se veliki troškovi mogli opravdati javnosti.

Cilj je ovog rada pružiti prijedlog metode za rješavanje problema odlučivanja o nabavi novog glavnog borbenog tenka za vojsku neke države. U radu se pruža presjek metoda višekriterijskog odlučivanja, s posebnim naglaskom na njihovu primjenu u postupku nabave vojne tehnike za potrebe vojnog sustava. Nadalje, detaljno se obrađuje Analitički hijerarhijski proces (AHP), metoda višekriterijskog odlučivanja na kojoj će se temeljiti prijedlog za rješavanje spomenutog problema. Nakon obrade AHP metode, pruža se presjek karakteristika glavnog borbenog tenka koji Hrvatska vojska, u vrijeme pisanja ovog rada, koristi – tenka M-84, kako bi se objasnila vladina odluka o nabavi novog glavnog borbenog tenka. S određenim ograničenjima obrađuju se alternative za koje autor smatra da se mogu uzeti u obzir prilikom razmatranja nabave te se definiraju kriteriji po kojima će se iste alternative vrednovati. Konačno, pruža se pregled provedbe AHP metode za spomenuti problem odlučivanja.

U razmatranje prilikom odabira uzete su tri alternative: Leopard 2A8, K2 Black Panther i M1A2 SEPv3. Iste su ocjenjivane kroz pet borbenih funkcija: vatrena moć, manevar, zaštita, podrška te zapovijedanje i upravljanje. Kao rezultat provedene metode, podrška te zapovijedanje i upravljanje kriteriji su s najvećim težinama, a najbolje ocijenjena alternativa jest Leopard 2A8, što je u skladu s nedavno potpisanim ugovorom Republike Hrvatske i Savezne Republike Njemačke.

Ključne riječi: višekriterijsko odlučivanje, Analitički hijerarhijski proces, AHP metoda, glavni borbeni tenk, nabava borbenog sredstva.

SUMMARY

Despite the numerous challenges of today's battlefield, the main battle tank continues to find its role on the modern battlefield. However, selecting a main battle tank represents a complex strategic task that requires consideration of a range of technical, tactical, logistical, geopolitical, and economic criteria. Therefore, this paper serves as a support tool in the process of selecting such a system. When selecting such a complex asset, it is essential to use multi-criteria decision-making methods due to the complexity of the problem and the need for transparent and well-argued decision-making, so that the excessive costs can be justified to the public.

The aim of this paper is to provide a proposal for a method to address the decision-making problem related to the procurement of a new main battle tank for a country's armed forces. The paper presents an overview of multi-criteria decision-making methods, with particular emphasis on their application in the procurement process of military equipment for the needs of the defense system. Furthermore, the Analytic Hierarchy Process (AHP) is examined in detail as the multi-criteria decision-making method on which the proposed solution to the aforementioned problem is based. Following the discussion of the AHP method, an overview of the characteristics of the main battle tank currently in use by the Croatian Armed Forces at the time of writing—the M-84 tank—is provided, in order to explain the government's decision to procure a new main battle tank. With certain limitations, the paper analyzes alternatives that the author considers relevant for procurement consideration and defines the criteria by which these alternatives will be evaluated. Finally, an overview of the implementation of the AHP method for the given decision-making problem is presented.

Three alternatives were considered in the selection process: Leopard 2A8, K2 Black Panther, and M1A2 SEPv3. These were evaluated across five combat functions: firepower, maneuverability, protection, sustainment, and command and control. As a result of the applied method, sustainment as well as command and control emerged as the criteria with the greatest weights, and the highest-ranked alternative was the Leopard 2A8, which is consistent with the recently signed agreement between the Republic of Croatia and the Federal Republic of Germany.

Keywords: Multi-criteria decision-making, Analytic Hierarchy Process, Main Battle Tank, acquisition of combat systems

POPIS OZNAKA S MJERNIM JEDINICAMA

Oznaka	Jedinica	Opis
a_{ij}	/	elementi matrice usporedbi u parovima
b_{ij}	/	elementi normalizirane matrice usporedbi u parovima
c_{ij}	/	elementi matrice C koja se dobije tako da se najprije stupci matrice usporedbe u parovima pomnože s pripadnim težinama
CR	/	omjer nekonzistencije
λ_{\max}	/	najveća svojstvena vrijednost koja se dobije kao prosjek kvocijenta sume redova matrice C te pripadnih prioriteta elemenata
RI	/	indeks nekonzistencije
S_i^+	/	idealna separacija (udaljenost pojedine alternative od idealnog rješenja)
S_i^-	/	negativna idealna separacija (udaljenost pojedine alternative od negativno idealnog rješenja)
w_{ij}	/	prosjek vrijednosti normalizirane matrice po redovima (težine alternativa ili prioriteta elemenata)

POPIS KRATICA

Kratika	Puno značenje
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (Analitički hijerarhijski proces)
BMS	<i>Battle Management System</i> (Sustav upravljanja bojišnicom)
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Analiza omeđivanja podataka)
DUOS	Daljinski upravljana oružana stanica
ELECTRE	Eliminacija i izbor izraza stvarnosti
FRIM	<i>Fuzzy Reference Ideal Method</i> (Neizrazita metoda referentnog idealnog rješenja)
HRZ	Hrvatsko ratno zrakoplovstvo
MCDM	<i>Multi Criteria Decision Making</i> (Višekriterijsko odlučivanje)
MORH	Ministarstvo obrane Republike Hrvatske
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> (Srednje vrijeme između kvarova)
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i> (Organizacija Sjevernoatlantskog ugovora)
NBK	Nuklearno biološka kemijska
OSRH	Oružane snage Republike Hrvatske
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization method for Enrichment Evaluation</i> (Metoda višekriterijskog odlučivanja)
RH	Republika Hrvatska
SAW	<i>Simple Additive Weighting</i> (Metoda jednostavnih zbrajanja težina)
SOA	Sigurnosno-obavještajna agencija
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (Metoda višekriterijskog odlučivanja)
VBA	Višenamjenski borbeni avion
VHMS	<i>Vehicle Health Management System</i> (Sustav upravljanja tehničkim stanjem vozila)
ZDP-P	Združeni doktrinarni priručnik (ZDP-P: Rječnik pojmova i definicija)

POPIS SLIKA

Slika 1. Tablica parametara za problem diverzifikacije [12]	7
Slika 2. Potpuno rangiranje alternativa [12].....	8
Slika 3. Matrica odluke za primjer primjene metode ELECTRE III [14].....	9
Slika 4. Matrica kredibilnosti za primjer primjene metode ELECTRE III [14]	9
Slika 5. (a) Spuštajuća distilacija, (b) Uspinjuća distilacija, (c) Konačni raspored alternativa [14]	10
Slika 6. Hijerarhijska struktura AHP metode [17]	15
Slika 7. Struktura AHP-a za nabavu novog višenamjenskog borbenog aviona za RH napravljeno prema [24]	23
Slika 8. Struktura AHP-a za nabavu novog višenamjenskog borbenog aviona za Južnu Koreju napravljeno prema [25]	24
Slika 9. Struktura AHP-a za nabavu novog trenaznog aviona za Španjolsko ratno zrakoplovstvo napravljeno prema [26]	26
Slika 10. Tenk M-84 jugoslavenske proizvodnje [34]	29
Slika 11. Presjek tenka M-84 gdje je naznačen smještaj streljiva u okretnom transporteru [35] .	29
Slika 12. Shematski prikaz tenka M-84 [36].....	30
Slika 13. Primjer posljedice neadekvatnog smještaja streljiva u tenku – uništeni M-84 [39]	32
Slika 14. Struktura AHP-a za nabavu novog glavnog borbenog tenka za RH.....	36
Slika 15. Udio visinskih zona u teritoriju Hrvatske napravljeno prema [48].....	38
Slika 16. Najistaknutiji reljef Republike Hrvatske [49].....	39
Slika 17. Karta nagiba padina Republike Hrvatske [49].....	40
Slika 18. Hrvatska populacijska mreža popisa 2021. [52]	41
Slika 19. Raspodjela pritiska duž nosive površine gusjenica: 1 – s otvorenim šarnirom, 2 – s gumeno-metalnim šarnirom [58].....	43
Slika 20. Slojevitost zaštite borbenog oklopnog vozila [60].....	44
Slika 21. Leopard 2A8 [1].....	49
Slika 22. Shematski prikaz tenka Leopard 2A7 [76]	50
Slika 23. Presjek tenka Leopard 2A4 [77]	51
Slika 24. Radar aktivnog sustava zaštite Trophy se nalazi na svakom kutu kupole [1].....	52
Slika 25. Slikoviti prikaz rada aktivnog sustava zaštite tipa Trophy [79].....	52
Slika 26. Tenk K2 Black Panther [80]	57
Slika 27. Shematski prikaz tenka K2 Black Panther [80]	57
Slika 28. Tenk M1A2 SEPv3 [82]	59
Slika 29. Shematski prikaz tenka M1A2 [83]	61
Slika 30. Presjek tenka M1A1 [84]	61
Slika 31. Usporedba dinamičkih performansi plinske turbine i dizelskog motora [87].....	72
Slika 32. Grafički prikaz ocjenjivanja alternativa po potkriterijima.....	83
Slika 33. Dijagram paukova mreža za rangiranje alternativa po odabranim potkriterijima	84

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz primjera EVEN SWAP metode prije korekcije	5
Tablica 2. Prikaz primjera EVEN SWAP metode nakon korekcije	5
Tablica 3. Tablica odlučivanja za problem diverzifikacije [12].....	7
Tablica 4. Matrica odluke za primjer primjene TOPSIS metode [16]	11
Tablica 5. Konačni rezultati za TOPSIS metodu [16].....	12
Tablica 6. Saatyjeva skala - Fundamentalna skala apsolutnih brojeva, prema [20].....	14
Tablica 7. Matrica usporedbi u parovima j kriterija s obzirom na cilj odlučivanja [21].....	16
Tablica 8. Računanje težina elemenata približnim postupkom [17]	17
Tablica 9. Vrijednosti slučajnih indeksa nekonzistencije [17].....	18
Tablica 10. Računanje omjera konzistencije za dani primjer [17].....	18
Tablica 11. Izračun prioriteta alternativa [17].....	20
Tablica 12. Osnovne karakteristike tenka M-84 [33].....	28
Tablica 13. Udio kategorija nagiba padina u ukupnoj površini kopnenog teritorija Republike Hrvatske [49]	39
Tablica 14. Osnovne karakteristike tenka Leopard 2A8 [63]	54
Tablica 15. Osnovne karakteristike tenka K2 Black Panther [80]	58
Tablica 16. Osnovne karakteristike tenka M1A2 SEPv3 [82]	62
Tablica 17. Usporedba u parovima pet kriterija prve razine s obzirom na cilj odlučivanja.....	63
Tablica 18. Izračun težine uspoređenih kriterija gdje w_{ij} predstavlja težinu svakog kriterija, a n je broj kriterija	64
Tablica 19. Izračun konzistencije s obzirom na matricu usporedbi	65
Tablica 20. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije vatrene moći	66
Tablica 21. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije manevra	66
Tablica 22. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije zaštite.....	67
Tablica 23. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije podrške	68
Tablica 24. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije zapovijedanja i upravljanja	68
Tablica 25. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na kapacitet streljiva.....	69
Tablica 26. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na automat popune	70
Tablica 27. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na daljinski upravljanu oružanu stanicu.....	70
Tablica 28. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na slobodu kretanja topa	71
Tablica 29. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na dinamičke performanse pogonskog sustava	72
Tablica 30. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na doomet	73
Tablica 31. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na specifični pritisak na tlo	73
Tablica 32. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na maksimalnu brzinu unaprijed/unazad.....	74
Tablica 33. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na sposobnost savladavanja prepreka.....	74
Tablica 34. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na balističku zaštitu	75

Tablica 35. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na eng. <i>hard-kill</i> zaštitne sustave	75
Tablica 36. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na eng. <i>soft-kill</i> zaštitne sustave	76
Tablica 37. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na prikrivanje	76
Tablica 38. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na održavanje	77
Tablica 39. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na cijenu	77
Tablica 40. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na logističku podršku	78
Tablica 41. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na situacijsku svijest.....	78
Tablica 42. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na komunikaciju	79
Tablica 43. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na ergonomiju.....	79
Tablica 44. Izračun prioriteta alternativa	81

1. UVOD

Ljudi kroz dan donesu mnogobrojne odluke. Neke od tih odluka imaju malen utjecaj na cjelokupni život poput te da će osoba pri spremanju za odlazak na posao prvo zavezati lijevu, a zatim desnu cipelu i samim time su često nepromišljene. S druge strane, neke od tih odluka imaju itekako dalekosežne posljedice kako za donositelja odluke, tako i za cjelokupno čovječanstvo, poput odluke da se odobri bacanje atomske bombe na Japan tijekom 2. svjetskog rata i samim time je bitno da takve odluke budu dobro promišljene. Kao što je vidljivo iz navedenog primjera, u slučajevima gdje određene odluke ipak imaju značajniji utjecaj, takve odluke bi trebale biti donesene temeljem razumnih argumenata uzimajući strukturirani pristup procesu donošenja odluke. Što su argumenti, iza kojih donositelj odluke stoji, objektivniji i razumniji, tj. imaju zdravu logiku iza sebe, to će donositelj odluke moći lakše stati iza svoje odluke i vjerojatnije je da će ista odluka polučiti poželjne rezultate. U takvom okružju, ljudi su tijekom povijesti istraživali različite načine kako olakšati proces donošenja odluke. Tako su i razvijene mnogobrojne metode odlučivanja, u koje spadaju i metode višekriterijskog odlučivanja. Velik broj odluka koje odgovorne osobe moraju donositi sa sobom nose puno kompromisa, primjerice, često je kriterij cijene obrnuto proporcionalan s kvalitetom. Upravo među „šumom“ takvih kompromisa metode višekriterijskog odlučivanja odgovornoj osobi donose mogućnost da se udalji od subjektivnog stajališta i situaciju sagleda iz objektivne perspektive.

Vojna nabava je jedan od slučajeva gdje donositelji odluka moraju moći pred javnošću opravdati trošenje velikih količina resursa bez obzira na to što neki tvrde da sigurnost nema cijenu. Tako se i Republika Hrvatska u nedavnoj povijesti susretala sa slučajevima vojne nabave gdje je vlada pred javnošću trebala opravdati svoje odluke. Jedna od nedavnih vijesti vojne nabave, a možda jedna i od najvećih vojnih nabava u novijoj povijesti Republike Hrvatske jest nabava novog glavnog borbenog tenka [1]. Bez obzira na tvrdnje koje se mogu čuti u javnosti da tenku više nije mjesto na bojištu, niti jedan borbeni sustav ne može donijeti sposobnosti koje tenk donosi i time trenutno ne nalazi svoju zamjenu, a pronalazi svoje mjesto prilagodbom na okolnosti modernog bojišta [2]. Cilj ovog rada jest pružiti prijedlog metode za rješavanje problema odlučivanja nabave novog glavnog borbenog tenka za vojsku neke države.

U radu se također pruža presjek metoda višekriterijskog odlučivanja, razloge njihove primjene te se nudi kratak pregled različitih metoda, s posebnim naglaskom na njihovu primjenu u postupku

nabave vojne tehnike za potrebe vojnog sustava. Nadalje, detaljno se obrađuje eng. *Analytic Hierarchy Process* (AHP), metoda višekriterijskog odlučivanja kao metoda na kojoj će se temeljiti prijedlog metode za rješavanje spomenutog problema odlučivanja. Nakon obrađivanja AHP metode, pruža se presjek glavnog borbenog tenka kojeg Hrvatska vojska u vrijeme pisanja ovog rada koristi u operativnoj uporabi – tenk M-84 kako bi se pokazali tehnički razlozi za nabavu novog glavnog borbenog tenka. S određenim ograničenjima obrađuju se alternative koje autor smatra da se mogu uzeti u obzir prilikom razmatranja nabave te se definiraju kriteriji po kojima će se iste alternative vrednovati. Konačno, pruža se pregled provedbe AHP metode za spomenuti problem odlučivanja.

2. VIŠEKRITERIJSKO ODLUČIVANJE

2.1. Definicija i osnovne karakteristike

Višekriterijsko odlučivanje (eng. *Multi Criteria Decision Making, MCDM*) tiče se strukturiranja i rješavanja problema planiranja, organiziranja i odlučivanja, a koji uključuju više kriterija [3]. Krajnji cilj takvog odlučivanja nije u tome da se otkrije savršeno rješenje problema, već da se pruži strukturirani način pristupa problemu koji će pomoći donositelju odluke u njegovom procesu donošenja odluke ne bi li istom problemu pristupio objektivnije nego što bi to učinio bez takvog pristupa [4].

Može se istaknuti nekoliko osnovnih značajki višekriterijskog odlučivanja, a to su:

- I. Kriteriji - Kao što sam naziv kaže, ovakva vrsta odlučivanja uzima u obzir različite kriterije koji se moraju sagledati i mjeriti [5]. Kriteriji podrazumijevaju različite perspektive s kojih se sagledavaju alternative i koji mogu biti kvalitativne ili kvantitativne prirode. Kriteriji kvalitativne prirode moraju se kvantificirati kako bi se mogli obraditi te uopće uzeti u obzir u matematičkim postupcima [6].
- II. Alternative i rangiranje - Da bi se uopće moglo odlučivati o nečemu, logika pretpostavlja barem dvije mogućnosti, tj. alternative između kojih se bira. Alternative predstavljaju različite opcije između kojih donositelj odluka izabire. One trebaju biti analizirane i ocjenjene temeljem postavljenih kriterija [6].
- III. Transparentnost i strukturiranost - Odabirom najbolje ocjenjenije alternative, donositelj odluke može s jasnoćom reći kako je došao do odluke. Ovo svakako olakšava odgovornoj osobi razlučivanje i pritom obranu, kako sebi tako i drugima, obrazloženja iza donesene odluke [7].
- IV. Raznovrsna primjenjivost - Višekriterijsko odlučivanje koristi se u problemima različitih polja, a uključujući poslovanje, inženjerstvo, zdravstvo, javna uprava, ekonomija, obrana, politika i druge. Od strateškog planiranja i upravljanja projektima preko raspodjele resursa i upravljanja rizikom, metode višekriterijskog odlučivanja služe kao svojevrsan alat prilikom donošenja razboritih odluka [8].

2.2. Razlozi primjene metoda višekriterijskog odlučivanja

Važnost primjene metoda višekriterijskog odlučivanja temelji se na u mogućnosti suočavanja s kompleksnostima koje karakteriziraju proces odlučivanja, a uključuju različite ciljeve, kriterije i

sudionike. Od važnijih razloga koji bi se trebali istaknuti zašto bi donositelj odluke koristio metode višekriterijskog odlučivanja bitno je napomenuti sljedeće [8]:

- I. Sistematski i strukturni pristup. Budući da metode višekriterijskog odlučivanja omogućuju donositeljima odluke da kompleksne probleme razlome u niz kriterija i da ocjene alternative s obzirom na postavljene kriterije, te metode tako olakšavaju donošenje informiranih odluka koje se temelje na dobro definiranim pravilima.
- II. Uključivanje različitih ciljeva i kriterija. Realne odluke podrazumijevaju različite ciljeve koji se moraju istovremeno uzeti u obzir, a upravo ove metode pružaju način kako uzeti u obzir različite ciljeve i kriterije te postići optimalnu ravnotežu između zahtjeva koji se naizgled sukobljavaju.
- III. Upravljanje neizvjesnošću i subjektivnošću kao neizostavnim karakteristikama čina donošenja odluke. Razvijeni su određeni modeli višekriterijskog odlučivanja koji podrazumijevaju nesigurnost čime se omogućava donositeljima odluka da unatoč takvim uvjetima i dalje mogu objektivno pristupiti rješavanju predstavljenih problema.
- IV. Razmatranje perspektiva sudionika. Sudjelovanje različitih sudionika podrazumijeva različita zahtjeve, preferencije i interese. Metode višekriterijskog odlučivanja omogućuju uključivanje upravo tih različitih perspektiva upravo uzimanjem u obzir eksplicitna razmatranja kriterija i preferencija sudionika.
- V. Široka primjenjivost. Kao što je već bilo rečeno, metode višekriterijskog odlučivanja nisu usko vezane uz jedno područje, već uključuju različita područja u kojima se mogu primjenjivati i time donositi svoje blagodati donositeljima odluka raznih struka.

2.3. Pregled najvažnijih metoda

Metode koje će biti obrađene su: EVEN SWAP, PROMETHEE, ELECTRE te naposljetku TOPSIS.

2.3.1. *EVEN SWAP*

EVEN SWAP metoda ili metoda jednakih razmjera ili metoda ekvivalentnih zamjena svoje temelje pronalazi u empirijskim podacima te izravnoj usporedbi alternativa po parovima. Ona se temelji na zamjenama (eng. *trade off*). Doći do dominantnih opcija, atributa koji se mogu zanemariti i praktički prevladavajuće alternative koja bi se eliminirala jesu glavni ciljevi ove metode, a kako bi se ova metoda mogla provesti u djelo bitno je da onaj koji donosi odluku zamijeni određenu vrijednost jednog kriterija odgovarajućom vrijednošću drugog kriterija. Matrica vrijednosti, koja bi se izrađivala za ovu metodu, sadrži toliko informacija koliko je potrebno za olakšavanje

usporedbe alternativa. Atribut koji se može zanemariti ili irelevantan atribut je onaj atribut u kojem sve opcije, ili alternative, imaju istu vrijednost te ga stoga ne vrijedi uopće uzimati u obzir. Praktički prevladavajuća alternativa je „alternativa koja je u samo jednom ili manjem broju atributa malo bolja od druge alternative, no jasno je da ta druga alternativa nadvisuje prvu po ostalim atributima“ [9]. Nadalje, dominantna opcija je ona alternativa koja je bolja od neke druge alternative na određenom skupu atributa, ali nije lošija od nje na svim atributima. Ova metoda nudi svojevrsnu jednostavnost u upotrebi, a napose u pogledu da ne zahtijeva matematičku podlogu. Dok s druge strane, nedostatak ove metode se pronalazi u tome što iznosi ekvivalentnih zamjena nisu konstantni kao i u tome što metoda zahtijeva subjektivnu procjenu [9].

Primjer te metode se može vidjeti na jednostavnom primjeru odabira između dva transportna kamiona – Alternativa A i Alternativa B. Kriteriji po kojima se ocjenjuju te alternative su: cijena, domet i nosivost. Početna situacija je prikazana u tablici (Tablica 1).

Tablica 1. Prikaz primjera EVEN SWAP metode prije korekcije

	Cijena	Domet	Nosivost
Alternativa A	100 000 €	500 km	15 t
Alternativa B	125 000 €	400 km	25 t

Uspoređujući ove dvije alternative uviđa se da je Alternativa A jeftinija od Alternative B i ima veći domet, ali Alternativa B zato ima veću nosivost. Ako bi se Alternativi A ugradio bolji ovjes, njoj bi se povećala nosivost za 10 t, no zbog svih dodatnih radova dodatni trošak bi bio 50 000 €. Koristeći EVEN SWAP metodu, pretpostavi se da se napravi ta ugradnja nakon koje se može kriterij nosivosti zanemariti jer razlike između alternativa više nema. Prikaz primjera nakon korekcije se može vidjeti u tablici (Tablica 2).

Tablica 2. Prikaz primjera EVEN SWAP metode nakon korekcije

	Cijena	Domet	Nosivost
Alternativa A	150 000 €	500 km	25 t
Alternativa B	125 000 €	400 km	25 t

Nakon napravljene korekcije, odluka se pojednostavljuje jer se ona svodi na preostala dva kriterija koja su u ovom slučaju cijena i domet. To pojednostavljivanje pojednostavljuje proces donošenja odluke jer se lakše prepoznaje koja je odluka prilagođenija.

2.3.2. **PROMETHEE**

PROMETHEE (eng. *Preference Ranking Organization method for Enrichment Evaluation*) je metoda razvijena 1982. godine od strane Jean-Pierrea Bransa. To je metoda u kojoj postoji više funkcija cilja s određenim ograničenjima. Ona se koristi prilikom rješavanja problema s većim brojem mogućih alternativa ne bi li se pronašla najbolja alternativa koja bi se u konačnici i predložila. Preferencije se formuliraju tako što se sve alternative nabroje i pridoda im se vrijednost za svaki kriterij po kojem će se ocjenjivati. Svaki kriterij ima određenu funkciju cilja i vlastitu težinu po kojoj se vrednuje. Kasnije se onda te alternative rangiraju uz pomoć izračuna dodijeljenih vrijednosti tako da se alternative uspoređuju kroz kriterije. Razumno je zaključiti da što se više dodatnih informacija prikupi time je i veća objektivnost i točnost samog vrednovanja kriterija [10]. Ona se najčešće koristi u bankarstvu, turizmu, medicini, kemijskoj industriji i sl. Prednost ove metode leži u njezinoj jednostavnosti. S druge strane nedostaci metode se odražavaju u tome što ne pruža mogućnost rastavljanja problema odlučivanja u dijelove koji su jednostavniji te se procjena kriterija ostavlja na subjektivnosti samog donositelja odluke što može doći do negativnog izražaja kod neiskusnih korisnika [9]. Metoda se dalje grana s obzirom na vrste rangiranja, stoga razlikujemo:

- PROMETHEE I – parcijalno rangiranje
- PROMETHEE II – potpuno rangiranje temeljena
- PROMETHEE III – rangiranje na temelju intervala
- PROMETHEE IV – rangiranje na temelju kontinuiranog slučaja
- PROMETHEE V – rangiranje koje uključuje ograničenja
- PROMETHEE VI – prikaz ljudskog mozga [11].

Primjer iz literature za ovu metodu se daje na odlučivanje za problem diverzifikacije nekog poduzeća X. Za rješavanje ovog problema se u izvoru koristio računalni program eng. *Visual PROMETHEE* koji je olakšavao rangiranje alternativa. Detaljnije objašnjavanje ove metode neće se provesti. Alternative industrije između kojih će ovo poduzeće birati su sljedeće: mrežna i druga komunikacijska oprema (industrija 1), kućanski i osobni proizvodi (industrija 2), proizvodnja cjevovoda (industrija 3), medicinska oprema i proizvodi (industrija 4) te prehrambeni proizvodi široke potrošnje (industrija 5). Prikaz alternativa i odabranih kriterija po kojima će se alternative ocjenjivati su prikazane u tablici (Tablica 3) [12].

Tablica 3. Tablica odlučivanja za problem diverzifikacije [12]

Alternative	Kriteriji		
	Profitabilnost industrije (%)	Stopa rasta industrije (%)	Razina koncentracije industrije
Industrija 1	20,4	13,2	visoka
Industrija 2	8,7	9,0	visoka
Industrija 3	27,3	1,5	umjerena
Industrija 4	16,3	9,9	niska
Industrija 5	6,7	9,1	umjerena

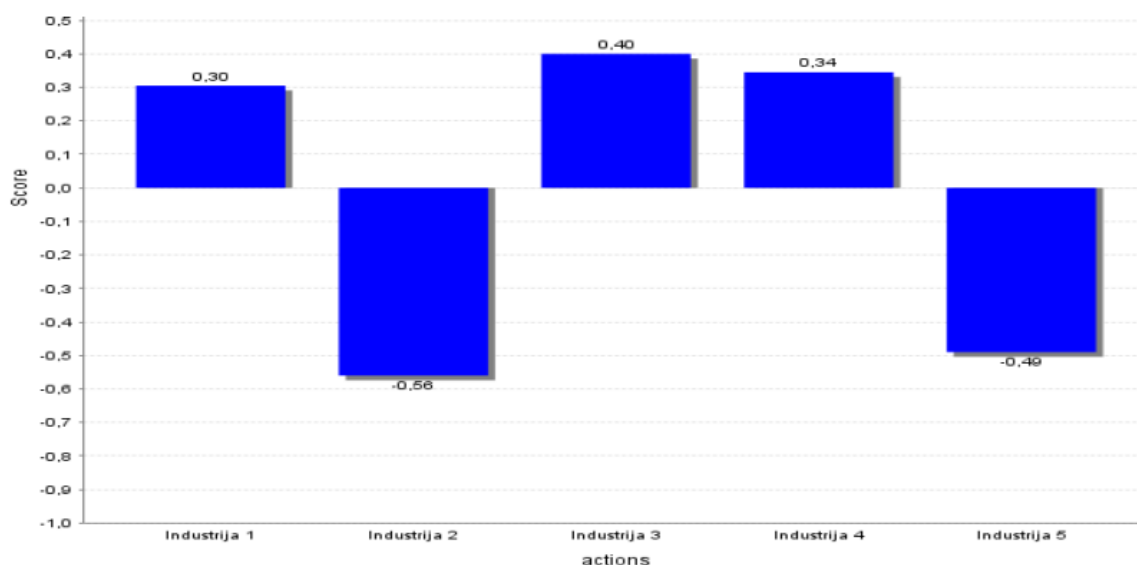
Za izračun težina ovih kriterija se koristila AHP metoda koja je detaljnije objašnjena u 3. poglavlju ovoga rada. Početni parametri uneseni u računalni program su prikazani na slici (Slika 1).

The screenshot shows the 'Parameters' tab in the D-Sight software. The table below represents the data visible in the interface:

Criteria	Type	Min/Max	Function	Abs/Rel	Indiff.	Pref.	Weight	Unit	Scale	Decimals
Profitabilnost industrije	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			33,0%		Numerical	2
Stopa rasta industrije	Pair Wise	Maximize	Usual	Absolute			21,0%		Numerical	2
Razina koncentracije konkur...	Pair Wise	Minimize	Usual	Absolute			24,0%		Skala 1	2

Slika 1. Tablica parametara za problem diverzifikacije [12]

Iz slike se vidi da kriteriji profitabilnost industrije i stopa rasta industrije teže maksimizaciji, dok kriterij razina koncentracije konkurencije teži minimizaciji. Funkcija preferencija koja se koristi za odabrane kriterije je jednostavna što drugim riječima znači da ako postoji bilo kakva razlika između dvije alternative po nekom kriteriju da se dodjeljuje puna preferencija s vrijednošću „1“, dok ako te razlike nema dodjeljuje se vrijednost „0“. Po unošenju prikazanih podataka u računalni program dobiva se rezultat rangiranja alternativa koji je prikazan na slici (Slika 2). Iz slike se može uočiti da je industrija 3 (proizvodnja cjevovoda) najbolje ocijenjena alternativa i time najbolja opcija za diverzifikaciju za poduzeće u pitanju [12].



Slika 2. Potpuno rangiranje alternativa [12]

2.3.3. ELECTRE

ELECTRE je metoda razvijena 1965. godine od strane Bernarda Roya, a u izravnom prijevodu znači eliminaciju i izbor izraza stvarnosti. Definiranjem razine željene (ne)suglasnosti te stvarnog indeksa (ne)suglasnosti stvaraju se uvjeti (ne)suglasnosti temeljem kojih se koristi algoritam ove metode. Kao i neke druge metode, ova metoda alternative uspoređuje u parovima, ali na takav način da se prvo odredi stupanj suglasnosti između težina preferencije i dominacije, a tek onda stupanj nesuglasnosti koji određuje razlikovanje pojedinih alternativa. Kao i kod PROMETHEE metode, ELECTRE metoda se dalje dijeli na četiri podvrste metoda koje se razlikuju po fazama u postupku. Ova metoda je nekompensacijska što će reći da loša ocjena jednog kriterija se ne može kompenzirati izvrsnom ocjenom drugog kriterija. Opisana karakteristika je korisna u slučajevima kada donositelj odluke ne može dopustiti odabir alternative koja ne zadovoljava neke od postavljenih kriterija. Nadalje, ono što je bitno naglasiti za predmetnu metodu jest to da ona nužno ne predlaže najbolje rješenje, već uklanja one nepoželjne alternative [13]. Neograničen broj kriterija koji služe ne bi li se alternative rangirale, zatim mogućnost kvalitativnog i kvantitativnog iskazivanja kriterija i njihove važnosti su neke od prednosti ove metode koje se često ističu. Međutim, kao i sve druge metode, ova metoda također ima svoje nedostatke, a to su nemogućnost primjene ove metode onda kada donositelj odluke ne iskaže prednost jednim kriterijima naspram drugih [9].

Primjer iz literature za ovu metodu se daje na odlučivanje za problem izbora oružja za vojsku. Prije svega se definiraju alternative koje će se razmatrati, u ovom slučaju su to više vrsta modela

jurišnih pušaka, kao i kriterije po kojima se te alternative vrednuju, a u ovom slučaju su to težina oružja C_1 (kvantitativni kriterij, minimalističkog tipa, tj. manje je bolje), preciznost pogodaka C_2 (kvalitativni kriterij ocijenjen sa skalom od 1 do 9, maksimalističkog tipa, tj. više je bolje), mogućnost kontinuirane paljbe C_3 (kvalitativni kriterij ocijenjen sa skalom od 1 do 9, maksimalističkog tipa, tj. više je bolje), primjenjivost u različitim klimatskim uvjetima C_4 (kvalitativni kriterij ocijenjen sa skalom od 1 do 9, maksimalističkog tipa, tj. manje je bolje) i cijena oružja C_5 (kvantitativni kriterij, minimalističkog tipa, tj. manje je bolje). Alternativama se po kriterijima određuju numeričke vrijednosti i zatim se pristupa pridodavanju težina kriterijima. Nakon svega toga dobije se matrica odluke koja je prikazana na slici (Slika 3) [14].

	C_1 [kg]	C_2 [qs]*	C_3 [qs]*	C_4 [qs]*	C_5 [S]
Smjer preferencije	Min	Max	Max	Max	Min
A_1	3.2	7	5.4	7	1090
A_2	3.4	5.8	5.4	7	535
A_3	3.3	8	7	8.6	1100
A_4	3.2	7.6	7.8	7	1300
A_5	3.3	8.6	3	6.6	930
A_6	3.4	7.6	7	7.8	1050
A_7	3.3	8.2	6	7	1550
A_8	3.6	7	5	9	725
A_9	3.2	7.6	6.6	6.6	1300
A_{10}	3.45	5	5	7	1030
A_{11}	3.4	6.6	6	8.6	980
A_{12}	3.3	5	5.8	8.6	820

* Kvalitativni

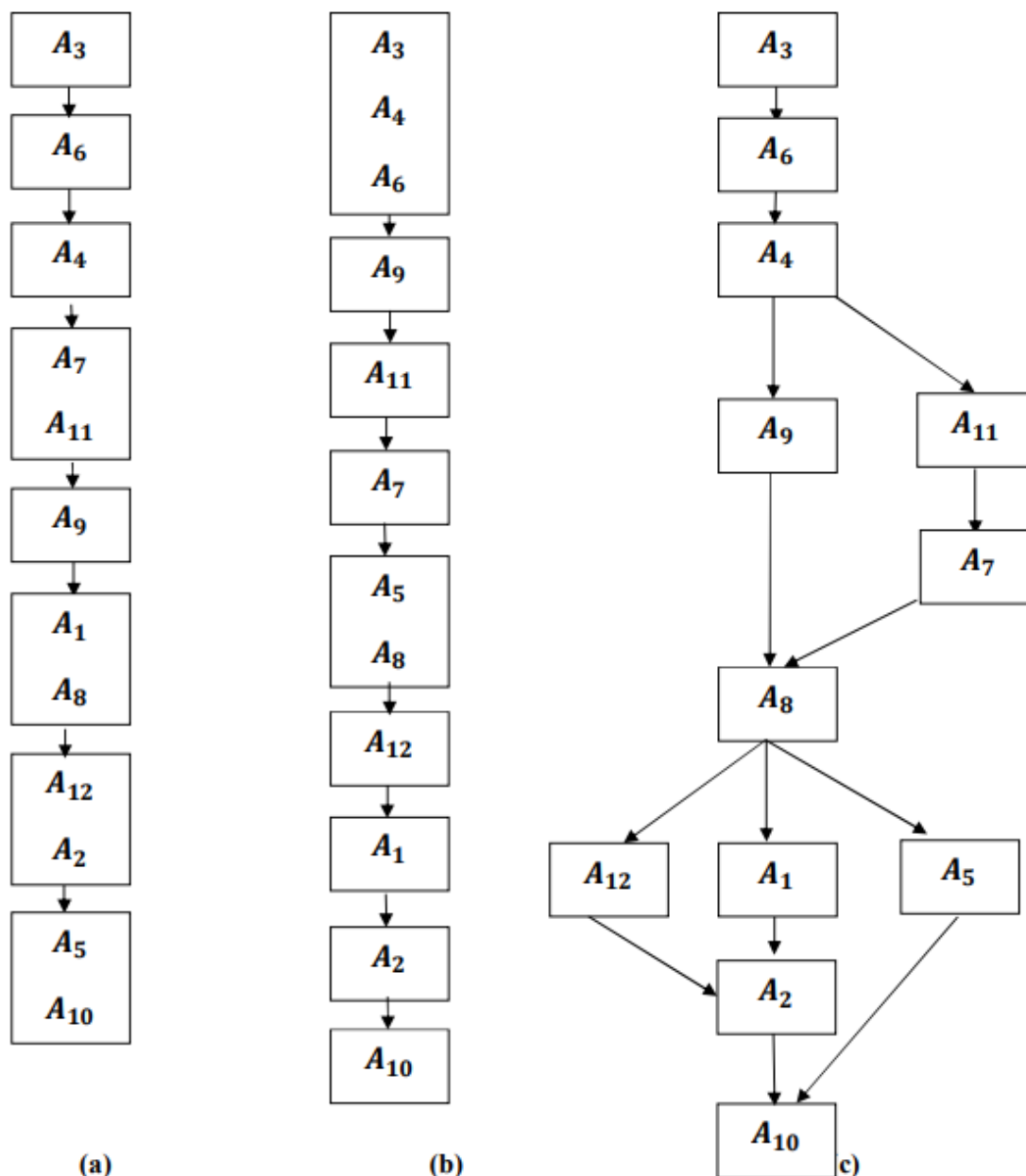
Slika 3. Matrica odluke za primjer primjene metode ELECTRE III [14]

Nakon što se odredila matrica odluke metoda ELECTRE III se primjenjuje i generira se matrica kredibilnosti koja je prikazana na slici (Slika 4). Sam postupak i pojašnjenje dobivanja matrice kredibilnosti neće biti detaljnije objašnjen.

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}
A_1	1	0.94	0.24	0.64	0.644	0.568	0.592	0.82	0.64	1	0.822	0.82
A_2	0.56	1	0.24	0.27	0.65	0.288	0.592	0.53	0.27	1	0.612	0.88
A_3	1	0.94	1	0.826	0.918	1	1	0.94	1	1	1	0.94
A_4	0.964	0.94	0.85	1	0.59	0.868	0.93	0.82	1	0.94	0.82	0.82
A_5	0.71	0.65	0.59	0.71	1	0.59	0.71	0.557	0.71	0.71	0.59	0.59
A_6	0.91	0.94	0.928	0.736	0.65	1	0.93	0.82	0.91	1	0.928	0.88
A_7	0.94	0.94	0.53	0.65	0.94	0.578	1	0.82	0.882	0.94	0.82	0.82
A_8	0.82	0.886	0.18	0.46	0.47	0.55	0.18	1	0.46	1	0.62	0.646
A_9	0.964	0.94	0.85	0.71	0.59	0.82	0.93	0.82	1	0.94	0.82	0.82
A_{10}	0.47	0.73	0.24	0.18	0.65	0.288	0.36	0.47	0.18	1	0.24	0.67
A_{11}	0.91	0.94	0.36	0.27	0.65	0.36	0.65	0.94	0.502	1	1	0.994
A_{12}	0.65	0.73	0.36	0.36	0.65	0.36	0.65	0.65	0.476	1	0.65	1

Slika 4. Matrica kredibilnosti za primjer primjene metode ELECTRE III [14]

Naposljetku se primjenjuje distilacijska procedura kako bi se zadobili spuštajući i uspinjući rasporedi koji su prikazani na slici (Slika 5). Na kraju se rezultati dviju procedura, spuštajuće distilacije i uspinjuće distilacije, kombiniraju kako bi se zadobio konačni rezultat problema odlučivanja. Po primijenjenoj metodi, alternativa A_3 je optimalno oružje [14].



Slika 5. (a) Spuštajuća distilacija, (b) Uspinjuća distilacija, (c) Konačni raspored alternativa [14]

2.3.4. TOPSIS

TOPSIS (eng. *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) je metoda razvijena 1981. godine od strane Hwanga i Yoon i ona se često predlaže kao zamjena metodi ELECTRE-i. Glavni koncept te metode jest u tome da je najbolja alternativa ona koja ima najmanju udaljenost od pozitivnog idealnog rješenja, a najdulju udaljenost od negativnog idealnog rješenja. Idealno rješenje se definira kao skup najboljih ocjena od svih atributa koji se razmatraju. Naravno, idealno rješenje je često nedostižno ili neizvedivo, stoga je blizina takvom rješenju razumna ljudska odluka. Pozitivno idealno rješenje minimizira troškove, a maksimizira profit, dok

s druge strane negativno idealno rješenje čini suprotno. Udaljenost od pozitivnog, tj. negativnog idealnog rješenja se ogleda u geometrijskoj (Euklidovoj udaljenosti) udaljenosti od jednog ili drugog ideala. Rangiranje se onda provodi na relativnoj sličnosti s pozitivnim idealnim rješenjem čime se izbjegava situacija gdje alternativa može istovremeno imati sličnosti s pozitivnim idealnim i negativnim idealnim rješenjem [9]. Također, vrijedno je spomenuti kako je metoda kompenzacijske prirode što označava da alternativa neće nužno biti odbačena zbog jednog lošeg atributa te alternative, već taj loš atribut alternative može biti nadomješten nekim drugim odličnim atributom. Ovu metodu krasi jednostavnost i laka razumljivost te je primjenjiva onda kada su točne i potpune informacije sabrane, dok se korištenjem eng. *fuzzy* brojeva rješava problem nesigurnosti. S druge strane, normalizacija vektora je potrebna za rješavanje multidimenzionalnih problema što se može smatrati određenim nedostatkom ove metode. TOPSIS metoda se primjenjuje u upravljanju infrastrukturom [15] i primjerice u razvoju turizma gdje se istražuje koje komponente socijalnog poduzetništva najviše utječu na turističku industriju [9].

Primjer iz literature za ovu metodu se daje na odlučivanje za problem izbora osobnog naoružanja za osobe zaposlene u sigurnosnom sektoru. Za ovaj primjer koristi se AHP metoda za izračun težina kriterija dok se TOPSIS metoda koristi za rangiranje alternativa. Kriterij koji su se uzeli u obzir za ovaj problem odlučivanja su cijena, težina, sigurnosni mehanizam, hvat i mehanička struktura. Cijena i masa su kriteriji gdje je manje bolje, dok su ostali kriteriji tipa gdje je više bolje. Također, zadnja tri kriterija su subjektivne naravi po sebi. Matrica odluke je pokazana u tablici (Tablica 4) [16].

Tablica 4. Matrica odluke za primjer primjene TOPSIS metode [16]

	Cijena	Težina	Sigurnosni mehanizam	Hvat	Mehanička struktura
Alternativa 1	1250	945	3	12,5	2
Alternativa 2	3150	834	3	17,67	2
Alternativa 3	8000	998	2	12,5	1
Alternativa 4	3000	1000	2	16	1
Alternativa 5	20000	975	3	15	2

Nakon primjene TOPSIS metode gdje se računala udaljenost svake alternative od idealnog i negativno idealnog rješenja dobio se rezultat prikazan u tablici (Tablica 5).

Tablica 5. Konačni rezultati za TOPSIS metodu [16]

	S_i^+	S_i^-	Blizina	Rangiranje
Alternativa 1	0,0276	0,0987	0,7815	2
Alternativa 2	0,0003	0,1065	0,9972	1
Alternativa 3	0,0999	0,0275	0,2159	5
Alternativa 4	0,0984	0,0400	0,289	4
Alternativa 5	0,0417	0,0973	0,7	3

U konačnici je vidljivo da je Alternativa 2 najbolja alternativa za ovaj problem odlučivanja.

3. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES (AHP)

Metoda AHP (Analitički hijerarhijski proces, eng. *Analytic Hierarchy Process*) je jedna od rasprostranjenijih metoda višekriterijskog odlučivanja. Utemeljitelj te metode je prof. dr. sc. Thomas L. Saaty 1980. godine. AHP je svojevrsna nadogradnja metode jednostavnih zbrajanja težina SAW (eng. *Simple Additive Weighting*) koja predlaže najbolju alternativu temeljem jednostavnog zbrajanja ocjena po kriterijima. Nadogradnja je u smislu da se težine prioriteta računaju na način da se uspoređuju u parovima [17]. Riječ „analitički“ se odnosi na činjenicu da je ova metoda numeričkog tipa, riječ 'hijerarhijski' označava da model AHP postavlja ciljeve, kriterije, potkriterije i alternative u određenoj hijerarhiji o čemu će biti kasnije riječ, a riječ 'proces' označava rješavanje problema u određenom toku [18]. Kao što je rečeno, problem više kriterija je hijerarhijski strukturiran jer se problem odlučivanja dekomponira na više manjih problema ili potproblema koji se onda zasebno analiziraju. Svaki kriterij, potkriterij ili alternativa iste razine se uspoređuje sa svakim kriterijem, potkriterijem ili alternativom te iste razine. Zatim se ti rezultati uspoređivanja prikazuju kvadratnom matricom usporedbi [19]. Prilikom uspoređivanja koristi se Saatyjeva skala relativne važnosti koja je prikazana u tablici (Tablica 6). Skala se koristi kako bi se način uspoređivanja standardizirao.

Osim već navedenog, AHP nudi donositelju odluka neke druge bitne značajke i svojstva. Metoda pruža i mogućnost analize međusobne relativne važnosti zadanih kriterija, ali i relativne važnosti kriterija u odnosu na cilj uz pomoć definiranog matematičkog modela [9]. Također, važno je istaknuti mogućnost provjere konzistentnosti. Naime, zbog subjektivnosti donositelja odluke prilikom uspoređivanja kriterija, moguće je da donositelj odluke ne bude konzistentan, već može svojom nesmotrenošću ili iz raznoraznih razloga pogriješiti u tim koracima. Kako bi se to izbjeglo, metoda opisuje provjeru konzistentnosti izračunom indeksa konzistentnosti koji mora biti manji od određenog iznosa ne bi li se procjene smatrale prihvatljive (konzistentne) [9].

Tablica 6. Saatyjeva skala - Fundamentalna skala apsolutnih brojeva, prema [20]

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje (opis)
1	Jednaka važnost	Dva elementa su jednako važna (dvije aktivnosti jednako doprinose cilju)
2	Vrlo slaba važnost	/
3	Srednja važnost	Iskustvom i procjenom naklonjeni smo jednom elementu (aktivnosti) u odnosu na drugu
4	Srednje do jaka važnost	/
5	Jaka važnost	Iskustvom i procjenom jako smo naklonjeni jednom elementu (aktivnosti) u odnosu na drugu
6	Jaka do dokazana važnost	/
7	Dokazana važnost	Snažno smo naklonjeni elementu ili aktivnosti u odnosu na drugi; njegova dominacija je demonstrirana u praksi
8	Dokazana do ekstremna važnost	/
9	Ekstremna važnost	Dokazi koji su naklonjeni jednoj aktivnosti nad drugom; najviši mogući redosljed afirmacije
Recipročne vrijednosti gornjih vrijednosti		Primjena aksioma recipročnosti

3.1. Koraci AHP metode

Ne bi li se AHP metoda detaljnije shvatila, razumno je pomnije obratiti pozornost na korake metode. AHP metoda se sastoji od 4 glavna koraka. Jedan korak AHP metode se odnosi na strukturiranje problema koji donositelj odluke nastoji riješiti, dok ostatak koraka se tiču procesa analiziranja problema koji okončava donošenjem same odluke [17].

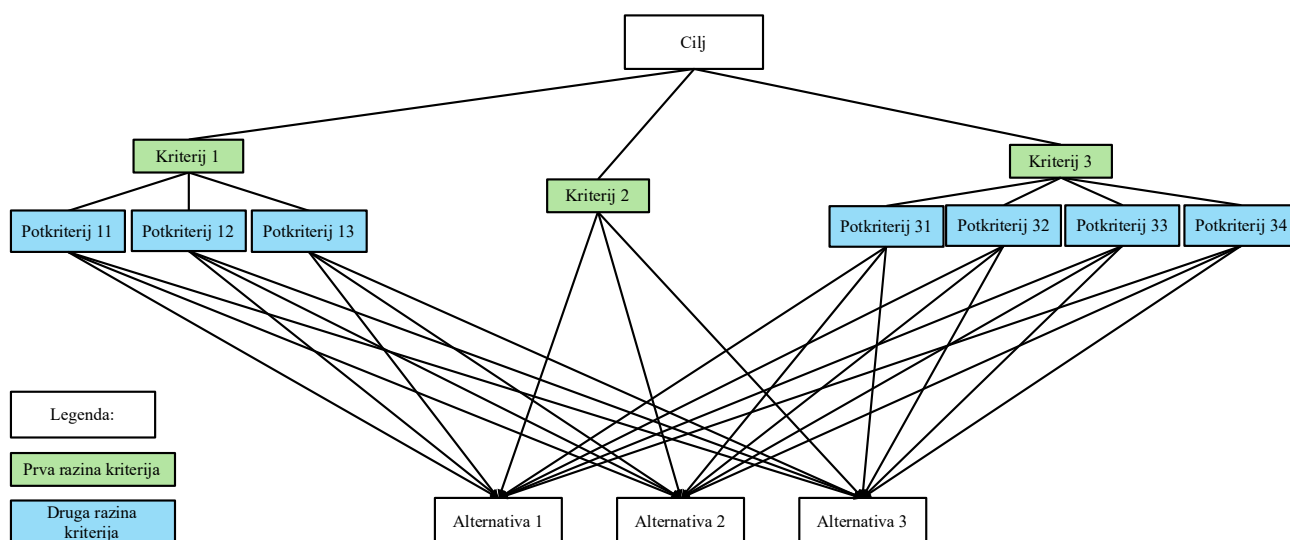
Stoga, koraci AHP metode su sljedeći (prema [17]):

1. Strukturiranje hijerarhije odlučivanja. Na vrhu hijerarhije jest cilj odlučivanja, nakon toga se razlažu kriteriji koji pak mogu biti dalje podijeljeni na potkriterije. Na dnu hijerarhije se nalaze alternative između kojih odlučujemo.

Ono što se treba razmotriti prilikom strukturiranja hijerarhije jest sljedeće [21]:

- problem mora biti objašnjen jasno i precizno
- problem bi trebao pokriti sve faktore i
- sve što utječe na rezultat treba biti razmotreno.

Primjer ove hijerarhijske strukture je prikazan na slici (Slika 6).



Slika 6. Hijerarhijska struktura AHP metode [17]

2. Uspoređivanje u parovima. Poštujući prethodno konstruiranu hijerarhiju, pristupa se uspoređivanju u parovima, a pritom se koristi Saatyjeva skala. Prilikom uspoređivanja bitno je pripaziti na konzistentnost, a to znači da ako je A veći od B, a B veći od C, nužno mora slijediti da je A veći od C, no o tome će biti riječ u narednim potpoglavljima. Isto tako, ako je A veći od B u iznosu 3 po Saatyjevoj skali, a B dominira nad C u iznosu 2 po Saatyjevoj skali, mora vrijediti da A dominira nad C u iznosu 6 po Saatyjevoj skali. Bitno je napomenuti kako bi bile prihvatljive i 5 i 7 kao vrijednosti jer bi konzistentnost bila

prihvatljiva (ispod 0,1) [17]. Prilikom uspoređivanja u parovima rabi se matrica koja je prikazana u tablici (Tablica 7). U matrici s n elemenata, radi se $n(n-1)/2$ usporedbi. Prilikom usporedbi, shodno Saatyjevoj skali, osoba se pita koji od ova dva kriterija jest važniji i koliko je važan ne bi li se ostvario zadani cilj. Naravno, kada se kriterij uspoređuje sa samim onda ta vrijednost je jednaka 1 [21]. Prema napravljenoj slici (Slika 6) potrebno je napraviti sljedeće usporedbe u parovima:

- usporediti tri kriterija prve razine s obzirom na cilj odlučivanja
- usporediti tri potkriterija Kriterija 1 s obzirom na Kriterij 1
- usporediti četiri potkriterija Kriterija 3 s obzirom na Kriterij 3 i
- usporediti tri alternative s obzirom na svih sedam potkriterija i Kriterij 2.

Tablica 7. Matrica usporedbi u parovima j kriterija s obzirom na cilj odlučivanja [21]

	Kriterij 1	Kriterij 2	Kriterij ...	Kriterij j
Kriterij 1	$a_{11} = W1/W1$	$a_{12} = W1/W2$...	$a_{1j} = W1/Wj$
Kriterij 2	$a_{21} = W2/W1$	$a_{22} = W2/W2$...	$a_{2j} = W2/Wj$
Kriterij	a_{ij}	...
Kriterij j	$Wj/W1$	$Wj/W2$...	Wj/Wj

3. Izračun težina kriterija, konzistentnosti i prioriteta alternativa. Ovaj izračun provodi se temeljem svake tablice usporedbi u parovima određenim matematičkim postupkom. Jedan od najjednostavnijih načina da se to učini jest koristeći tzv. približni postupak. Taj postupak radi se na sljedeći način [17]:

1. Zbrajanje stupaca matrice usporedbi A,

$$\sum_{i=1}^n a_{ij}, \forall j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (3.1.1.)$$

(a_{ij} su elementi matrice A),

2. Stvaranje nove matrice, matrice B u kojoj se svaka vrijednost ćelije računa tako da se vrijednost ćelije na istoj poziciji u matrici usporedbi podijeli sa zbrojem pripadnog stupca matrice usporedbi,

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad (3.1.2.)$$

3. Nakon toga se radi prosjek vrijednosti nove matrice po redovima, a dobiveni prosjeci predstavljaju prioritete elemenata hijerarhije,

$$w_{ij} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad (3.1.3.)$$

Primjer računanja težine elemenata približnim postupkom dan je u tablici (Tablica 8).

Tablica 8. Računanje težina elemenata približnim postupkom [17]

Matrica A			
Matrica A	Kriterij 1	Kriterij 2	Kriterij 3
Kriterij 1	1	2	4
Kriterij 2	$\frac{1}{2}$	1	2
Kriterij 3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1

$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	$\frac{7}{4}$	$\frac{7}{2}$	7
-----------------------	---------------	---------------	---

Matrica B			
Kriterij 1	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{7}$
Kriterij 2	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$
Kriterij 3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$

Težine kriterija	
Kriterij 1	$\frac{4}{7} = 0,5714$
Kriterij 2	$\frac{2}{7} = 0,2857$
Kriterij 3	$\frac{1}{7} = 0,1429$

Radi provjere valjanosti izračuna, mora se provest računanje konzistentnosti, a ona se provodi približnim postupkom na sljedeći način [17]:

1. Izračun matrice C, koja se dobije tako da se stupci matrice A pomnože s pripadnim težinama,

$$c_{ij} = a_{ij} \cdot w_j, \quad (3.1.4.)$$

2. Računanje sume redova matrice C,

$$\sum_{j=1}^n c_{ij}, \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (3.1.5.)$$

3. Računanje kvocijenta sume redova matrice C te pripadnih prioriteta elemenata,

$$\frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{w_i}, \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (3.1.6.)$$

4. Računanje najveće svojstvene vrijednosti λ_{max} kao prosjek kvocijenta sume redova matrice C te pripadnih prioriteta elemenata

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{w_i}, \quad (3.1.7.)$$

5. Izračun omjera konzistencije (nekonzistentnosti) sukladno prethodnom koraku i jednadžbi:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)}; CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.1.8.)$$

gdje se RI uzima iz tablice (Tablica 9).

Tablica 9. Vrijednosti slučajnih indeksa nekonzistencije [17]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Primjer izračuna konzistentnosti uspoređivanja za dosadašnji primjer se nalazi u tablici (Tablica 10).

Tablica 10. Računanje omjera konzistencije za dani primjer [17]

Matrica C	Kriterij 1	Kriterij 2	Kriterij 3	$\sum_{j=1}^n c_{ij}$	w_i	$\frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{w_i}$,
Kriterij 1	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{12}{7}$	$\frac{4}{7}$	3
Kriterij 2	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{2}{7}$	3
Kriterij 3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{7}$	3

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{w_i} = \frac{3 + 3 + 3}{3} = 3$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{max} - n}{RI(n - 1)} = \frac{3 - 3}{0,52 \cdot (3 - 1)} = 0$$

Iz izračuna je vidljivo da je ovaj primjer konzistentan jer je CR manji od 0,1.

Naposljetku se u ovom koraku računaju prioriteta alternativa tako da se zbroje umnošci lokalnih prioriteta alternativa po listovima pomnoženi s težinama svih nadređenih elemenata do cilja.

Primjer za to se nalazi u tablici (Tablica 11).

Tablica 11. Izračun prioriteta alternativa [17]

	Kriterij			Kriterij	Kriterij			
	w_1			w_2	w_3			
	P11	P12	P13	K2	P31	P32	P33	P34
	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_2	w_{31}	w_{32}	w_{33}	w_{34}
Alternativa 1	$a_{1,11}$	$a_{1,12}$	$a_{1,13}$	$a_{1,2}$	$a_{1,31}$	$a_{1,32}$	$a_{1,33}$	$a_{1,34}$
Alternativa 2	$a_{2,11}$	$a_{2,12}$	$a_{2,13}$	$a_{2,2}$	$a_{2,31}$	$a_{2,32}$	$a_{2,33}$	$a_{2,34}$
Alternativa 3	$a_{3,11}$	$a_{3,12}$	$a_{3,13}$	$a_{3,2}$	$a_{3,31}$	$a_{3,32}$	$a_{3,33}$	$a_{3,34}$
Alternativa 1	$w_1(a_{1,11} \cdot w_{11} + a_{1,12} \cdot w_{12} + a_{1,13} \cdot w_{13}) + a_{1,2} \cdot w_2 + w_3(a_{1,31}$ $\cdot w_{31} + a_{1,32} \cdot w_{32} + a_{1,33} \cdot w_{33} + a_{1,34} \cdot w_{34})$							(3.1.9.)
Alternativa 2	$w_1(a_{2,11} \cdot w_{11} + a_{2,12} \cdot w_{12} + a_{2,13} \cdot w_{13}) + a_{2,2} \cdot w_2 + w_3(a_{2,31}$ $\cdot w_{31} + a_{2,32} \cdot w_{32} + a_{2,33} \cdot w_{33} + a_{2,34} \cdot w_{34})$							(3.1.10.)
Alternativa 3	$w_1(a_{3,11} \cdot w_{11} + a_{3,12} \cdot w_{12} + a_{3,13} \cdot w_{13}) + a_{3,2} \cdot w_2 + w_3(a_{3,31}$ $\cdot w_{31} + a_{3,32} \cdot w_{32} + a_{3,33} \cdot w_{33} + a_{3,34} \cdot w_{34})$							(3.1.11.)

4. Analiza osjetljivosti. Ovaj korak označava ispitivanje osjetljivosti krajnjih, izlaznih varijabli, tj. prioriteta alternativa i to temeljem promjena ulaznih varijabli (težina kriterija i usporedbi u parovima). Drugim riječima, u ovom koraku se analizira utječe li mala promjena u ulaznim procjenama na konačni rezultat i ako utječe, koliko utječe. U slučaju da već male promjene ulaznih varijabli toliko utječu na izlazne varijable, tj. na rang alternativa, tada dobiven rezultat donositelj odluke ne bi trebao proglasiti važećim bez dodatnih analiza.

3.2. Prednosti AHP metode

Nekoliko prednosti AHP metode ističu različiti izvori, a među kojima su [21]:

- Sadržaj problema je lakše razumjeti koristeći ovu metodu.
- Višekriterijski problemi slažu se hijerarhijski što olakšava preglednost.
- Kvalitativni i kvantitativni kriteriji mogu se uspoređivati međusobno.
- Izračunava konzistentnost objektivnih, ali i subjektivnih iznosa koje je odredio donositelj odluke.

- Metoda je vrlo fleksibilna i u situacijama kada se primjenjuje na složene i opsežne probleme, pridonosi većoj lakoći donošenja odluka jer omogućuje sagledavanje problema iz više perspektiva zahvaljujući dobivenom vremenu, što ujedno povećava pouzdanost dobivenih rezultata te se može koristiti u skoro svakom polju.

3.3. Nedostaci AHP metode

Uz prednosti, naravno prepoznaju se različiti nedostaci ove metode, a to su redom [21]:

- U slučaju kada postoje mnogobrojne alternative i kriteriji, uspoređivanje u parovima postaje izazovno
- Onda kada kriteriji nisu jasno definirani pojavljuju se određeni problemi
- Nema nezavisne metode koja provjerava rezultate, te jesu li rezultati temeljeni na osobnim sudovima donositelja odluke
- Onda kada se pojavi potreba za nadopunom kriterija, cijeli proces se mora ponoviti ispočetka
- Uspoređivanje u parovima može potrajati u slučaju kada ne postoji jedan donositelj odluke, već je u pitanju grupa ljudi.

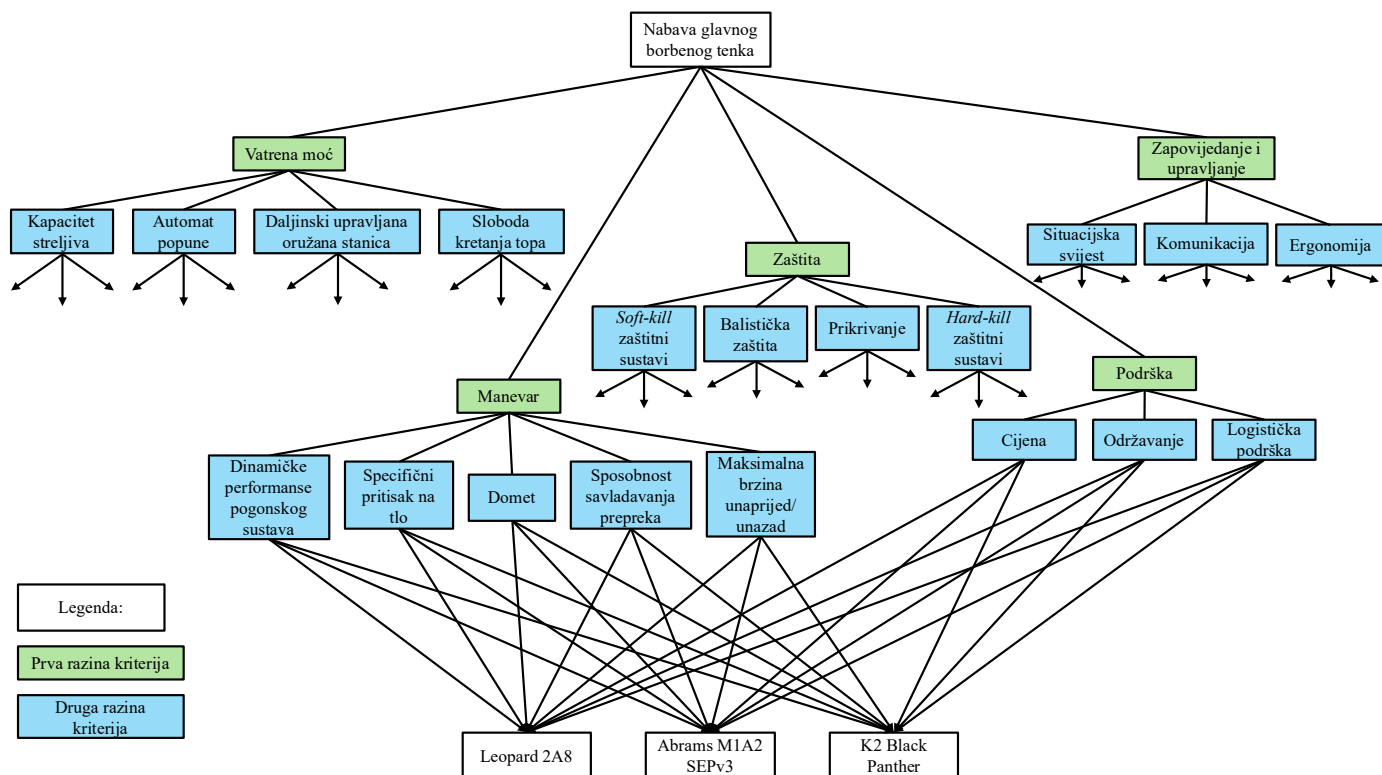
3.4. Primjena AHP metode za potrebe nabave opreme u vojnom sustavu

AHP metoda pronalazi svoju primjenjivost u različitim situacijama poput izbora dobavljača, izbor lokacije luke, izbor lokacije skladišta, izbor djelatnosti kojom bi se određeno gospodarstvo bavilo, planiranje aktivnosti i projekata usluga računskog centra, selekcija i evaluacija poslovnih partnera, izbor autoprijevoznika za prijevoz tereta, u socijalnom poduzetništvu i tako dalje [9]. Po pitanju primjene AHP metode u vojnom sustavu, ističu se rangiranje i klasifikacija vojnih mrežnih senzora, naručivanje i ocjenjivanje oružanih sustava, odabir najboljeg mjesta za vojnu pomorsku bazu, odabira vojnog trenažnog aviona, pozicioniranje nadzornih sustava unutar nacionalnog sigurnosnog projekta, odabir kopnenih vozila za postrojbe upućivane u međunarodne operacije i tako dalje [22].

3.4.1. *Primjena AHP metode na nabavu višenamjenskog borbenog aviona za RH*

Javna nabava je jedna od najranjivijih vladinih aktivnosti s obzirom na korupciju, a napose ona javna nabava vezana uz obranu zato što su u priču uključeni veliki novci, kompleksni ugovori, visoka koncentracija tržišta i tajnovitost. Stoga, efikasnost i kvaliteta trošenja ili, bolje rečeno, ulaganja u obranu je od velikog značaja za javno dobro državljana [23]. Logično je stoga zaključiti da će se AHP metoda primjenjivati i u javnoj nabavi naoružanja, budući da današnje zapadne države pretežito provode transparentne vojne nabave.

Tako je i slučaj bio prošlog desetljeća u Republici Hrvatskoj koja je za nabavu višenamjenskih borbenih aviona koristila AHP metodu. Populacija koja je provela ocjenjivanje kroz imenovanu metodu jest stručni tim Ministarstva obrane Republike Hrvatske (MORH). Tim je bio sastavljen od stručnjaka iz različitih područja, a među kojima su pripadnici Samostalne službe za upravljanje projektima MORH-a na čelu s brigadirom Davorom Tretinjakom (voditelj tima), zapovjednici i drugi časnici HRZ-a i drugih vojnih postrojbi, uz podršku Ministarstva financija, Ministarstva vanjskih poslova, SOA-e, Ureda Vijeća za nacionalnu sigurnost i konzultantske kuće Deloitte za pojedine domene ocjenjivanja. Koristeći AHP metodu određena su 4 glavna kriterija, a to su redom: strateška domena (33% težine), domena sposobnosti (25% težine), financijska domena (32% težine) i domena investicija (10% težine). Strateška domena se dalje granala na strateško partnerstvo i vojno partnerstvo. Domena sposobnosti se dalje granala na učinkovitost provedbe zadaća, operativne i tehničke potpore i uporabljivosti. Financijska domena granala se na izravne troškove nabave i troškove životnog ciklusa. Naposljetku, domena investicija se granala na ciljeve, područja i aktivnosti. Sve je ovo prikazano na slici (Slika 7). Navedenih 10 potkriterija je bilo dalje razrađeno na 106 elemenata koji javnosti nisu obznanjeni. Ponuđene alternative su bile južnokorejski FA-50, švedski JAS 39 C/D Gripen, američki F-16 Blok 70/72, grčki F-16 Blok 30 te izraelski F-16 C/D Barak. Kao najbolja alternativa je bila odabrana izraelska ponuda. Naposljetku, nastojanja nabave rezultirala su neočekivanim raspletom iz politički uvjetovanih razlozima iza kulisa. Naime, Sjedinjene Američke Države su zabranile izvoz izraelskih aviona jer su izraelski avioni bili zapravo američke proizvodnje, ali s izraelskim nadogradnjama. Točno koji je razlog zabrane za sada ostaje samo na razini špekulacija [24].

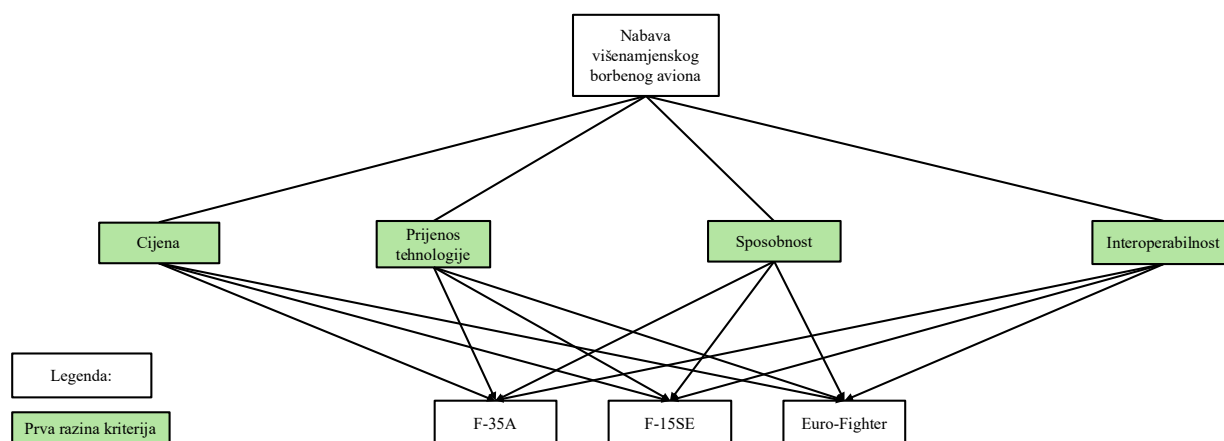


Slika 7. Struktura AHP-a za nabavu novog višenamjenskog borbenog aviona za RH napravljeno prema [24]

3.4.2. Primjena AHP metode na nabavu višenamjenskog borbenog aviona za Južnu Koreju

Nadalje, jedno južnokorejsko istraživanje predlaže kombinaciju različitih metoda, od kojih je AHP jedna od metoda koja se koristi za donošenje racionalne odluke nabave višenamjenskog borbenog aviona [25]. Populacija koja je provodila istraživanje je skupina od 10 osoba s preko 10 godina iskustva rada u različitim područjima vojnog sustava. Alternative su odabrane preko DEA metode (eng. *Data Envelopment Analysis*). Ukratko, tom metodom su izbačene iz odlučivanja one alternative koje ni pod kojim uvjetima ne mogu biti najbolje. Alternative koje su bile razmatrane jesu redom: američki F-35A, američki F-15SE i europski Euro-Fighter. Sljedeći korak koji je slijedio jest korištenje AHP metode za rangiranje alternativa. U svom istraživanju su korišteni sljedeći kriteriji: cijena, prijenos tehnologije, sposobnost i interoperabilnost. Struktura AHP metode za ovaj slučaj je prikazan na slici (Slika 8). U izračunu težina istih kriterija određeno jest to da je cijena imala težinu od 5%, prijenos tehnologije od 12%, sposobnost 55%, a interoperabilnost 27%. Rezultati istraživanja su naposljetku pokazali da je najbolji izbor američki F-35A što je u konačnici i bilo konzistentno sa stvarnom odlukom donesenom od strane korejske vlade [25].

Iako ovo istraživanje nije primjer iz stvarnosti, autori su pokazali kako se korištenjem objektivnih pristupa problemima odlučivanja može racionalno opravdati odluka osjetljive naravi kao što je kupnja višenamjenskog borbenog aviona što je ujedno i nepristrana, strateški bitna odluka koju jedna vlada mora donijeti [25].



Slika 8. Struktura AHP-a za nabavu novog višenamjenskog borbenog aviona za Južnu Koreju napravljeno prema [25]

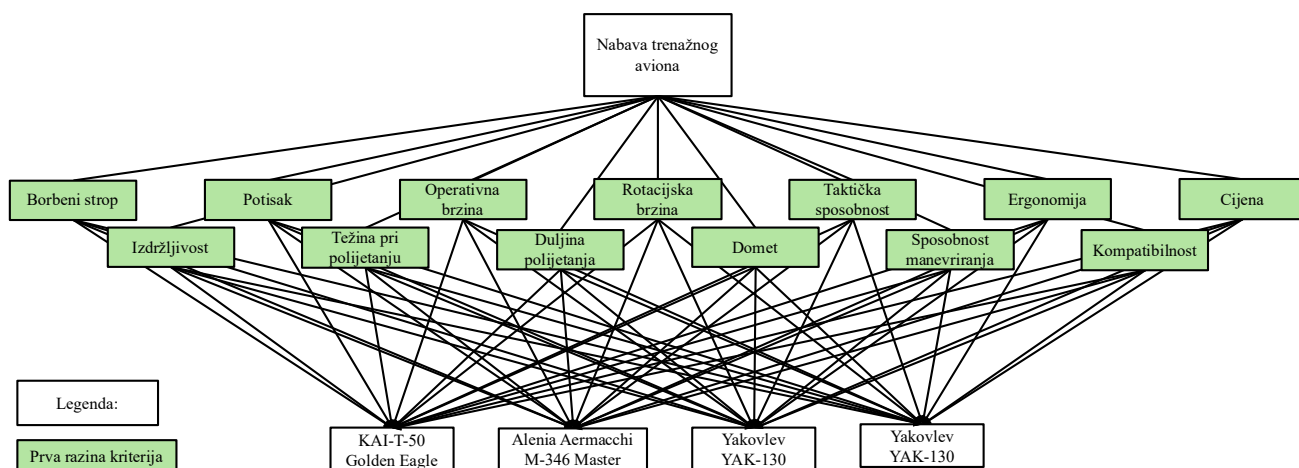
3.4.3. *Primjena AHP metode na proces odabira trenažnog aviona na Španjolsko ratno zrakoplovstvo*

Španjolski Centar za obranu pri Španjolskoj akademiji za ratno zrakoplovstvo je provelo istraživanje koje se koristilo AHP metodom ne bi li predložili nabavku trenažnog aviona za Španjolsko ratno zrakoplovstvo. Biral su između 4 alternative. Prva alternativa je bila KAI-T-50 Golden Eagle, druga je bila Alenia Aermacchi M-346 Master, treća Yakovlev YAK-130 dok je četvrta alternativa bila Northrop F-5 Freedom Fighter, zrakoplov koji je u vrijeme pisanja tog rada bio trenažni zrakoplov unutar Španjolskog ratnog zrakoplovstva te je služio kao usporedba za moguću modernizaciju. Razni kriteriji bili su definirani uz pomoć desetorice instruktora pilota iz aktivne postrojbe 23. lovačkog i napadačkog trenažnog krila dok je težina tih kriterija definirana temeljem upitnika danog sedmorici instruktora pilota iz iste postrojbe. Zahvaljujući njihovom iskustvu u poslovima instruktora, nisu samo definirani najvažniji tehnički parametri aeronautičke obuke, već su uspješno otkriveni i drugi kvalitativni faktori kao što su sposobnost manevriranja ili ergonomski uvjeti koji bi trebali biti uključeni u proces donošenja odluke. Stoga, definirani su sljedeći kriteriji:

- Operativni strop (mjereno u stopama, ft, a označava najveću visinu u kojoj zrakoplov može učinkovito provoditi manevre, izračunata težina jest 8,49%).

- Autonomija (mjeren u satima, a označava vrijeme koje zrakoplov može provesti u letu, izračunata težina jest 7,37%).
- Potisak (mjeren u kN, a označava silu kojom se zrakoplov kreće, izračunata težina jest 8 %).
- Težina pri polijetanju (mjeren u lb, a označava najveću težinu koju zrakoplov smije imati pri polijetanju, izračunata težina jest 1,67%).
- Operativna brzina (mjerena u čvorovima, kt, a označava najveću brzinu pri kojoj zrakoplov može provodi zadaću bez da pritom ugrožava vlastiti integritet, izračunata težina jest 6,18%).
- Duljina polijetanja (mjerena u stopama, ft, a označava udaljenost koja je potrebna da zrakoplov prijeđe od kada otpusti kočnice do kada se njezini kotači podignu od tla, izračunata težina jest 1,89%).
- Rotacijska brzina (mjerena u stopama, kt, a označava brzinu koja je ispod brzine polijetanja u kojoj zrakoplov ima dovoljno uzgona da počne provoditi dubinske manevre u letaćkim kontrolama bez da povećava otpor i udaljenost za polijetanje, izračunata težina jest 1,56%).
- Domet (mjeren u nautičkim miljama, nm, a označava najveću udaljenost koju zrakoplov može prevaliti s punim spremnikom goriva, a najmanjom mogućom težinom, izračunata težina jest 5,42%).
- Taktička sposobnost (kvalitativna vrijednost, a kombinira parametre kao što su sposobnost nošenja tereta, različito naoružanje, različiti sustavi i različiti simulatori, izračunata težina jest 14,03%).
- Sposobnost manevriranja (kvalitativna vrijednost, a označava sposobnost zrakoplova za kretanje i agilnost samog zrakoplova, izračunata težina jest 10,57%).
- Ergonomija (kvalitativna vrijednost, a označava dostupan prostor, dostupnost glavnih upravljačkih instrumenata, udobnost prilikom izvršenja procedura i prednosti određenih položaja upravljačkih instrumenata, izračunata težina jest 9,09%).
- Kompatibilnost (kvalitativna vrijednost, a označava stupanj sukladnosti s postojećom infrastrukturom i procedurama Španjolskog ratnog zrakoplovstva, izračunata težina jest 16,3%).

- Cijena (kvalitativna vrijednost, iako kvantitativna vrijednost po svojoj prirodi, istraživači su joj pridodali kvalitativnu vrijednost iz razloga što su htjeli uključiti i druge faktore poput strateških poslovnih prilika, politike i diplomatskih odnosa, izračunata težina jest 9,43%). Navedena struktura AHP metode je prikazana na slici (Slika 9).



Slika 9. Struktura AHP-a za nabavu novog trenaznog aviona za Španjolsko ratno zrakoplovstvo napravljeno prema [26]

Bitno je naglasiti da se u ovom istraživanju AHP metoda koristila prilikom određivanja težine kriterija, a *Fuzzy Reference Ideal Method* (FRIM) se koristila za ocjenjivanja alternativa. Zadnja spomenuta metoda odabire alternativu koja je najbliža idealnoj, a najudaljenija od one najnepoželjnije. Kao rezultat, istraživači su došli do zaključka da je najbolja alternativa talijanski Alenia Aermacchi M-346 Master. Ovo istraživanje je napravljeno neovisno o mogućoj nabavi koja zapravo do pisanja ovog rada nije provedena [26].

4. ANALIZA KLJUČNIH ZNAČAJKI POSTUPKA NABAVE GLAVNOG BORBENOG TENKA

„Izraz "borbeni tenk" znači oklopno borbeno vozilo s vlastitim pogonom, sposobno za otvaranje teške paljbe, poglavito velikom brzinom koja se postiže na ustima cijevi glavnog topa koja je potrebna pri gađanju oklopnih i drugih ciljeva, velike terenske pokretljivosti i visokoga stupnja samozaštite, a koje nije u prvom redu projektirano i opremljeno za prijevoz borbenih jedinica. Takva oklopna vozila služe kao glavni sustav oružja tenkovskih i drugih oklopnih kopnenih postrojba. Borbeni tenkovi su borbeno oklopna vozila gusjeničari težine najmanje 16,5 metričkih tona bez opterećenja, naoružana pokretnim topom od 360 stupnjeva kalibra najmanje 75 milimetara. Osim toga, svako oklopno borbeno vozilo na kotačima koje se uvodi u službu i ispunjava sve ostale kriterije navedene u prethodnom tekstu također će se smatrati borbenim tenkom.“ [27]

4.1. Trenutno stanje

Da je prošlo vrijeme kada je tenk relevantan na bojišnici počelo se govoriti još davne 1919. godine i to od britanskog generala koji je tvrdio da se isti uvjeti, koji pogoduju korištenju tenka, neće više ponoviti. Slične izjave su se ponavljale tijekom povijesti kad god bi se pojavila neka protumjera koja je mogla zaprijetiti samom tenku. Naravno, dolaskom protumjera, brzo su došli odgovori na iste te protumjere pa se životni vijek korištenja tenka produljivao sve do današnjih dana kada je njegova relevantnost na bojišnici opet dovedena u pitanje [2]. Međutim, ipak se čini da tenk i dalje ima određenu i nezamjenjivu ulogu i vrijednost na suvremenoj bojišnici [28]. Tome svjedoči i činjenica da je Republika Hrvatska potpisala Pismo namjere za sudjelovanje u zajedničkoj nabavi tenkova Leopard 2A8 te i ugovor o nabavi istih tenkova i time iskazala interes za modernizaciju svojih oklopnih snaga Hrvatske kopnene vojske [29, 30]. Tim činom dokazuje se da se ni Republika Hrvatska, kao i mnoge druge države koje u zadnje vrijeme podižu izdvajanja za obranu s obzirom na sve veću geopolitičku nestabilnost [31], nije spremna odreći jedne od okosnica ofenzivnih djelovanja vlastitih oružanih snaga.

Trenutno se u ustroju Hrvatske vojske nalazi jedna postrojba koja u svojem sastavu ima glavne borbene tenkove tipa M-84. Ta postrojba jest tenkovska bojna „Kune“ koja je u sastavu Gardijske oklopno-mehanizirane brigade [32].

Tenk M-84 je borbeno oklopno vozilo utemeljeno na ruskom tenku T-72 koje je zadržalo njegove osnovne osobine poput kalibra topa, automatskog punjača topa, malu masu i nisku siluetu. S druge strane, tenk M-84 jugoslavenske proizvodnje ipak predstavlja svojevrstu moderniziranu verziju

tenka T-72 u vidu boljeg sustava za upravljanje vatrom, novijeg radio uređaja, NBK zaštite i slično. Tablica 12 daje popis osnovnih značajki tenka M-84. Slika 10 prikazuje tenk M-84.

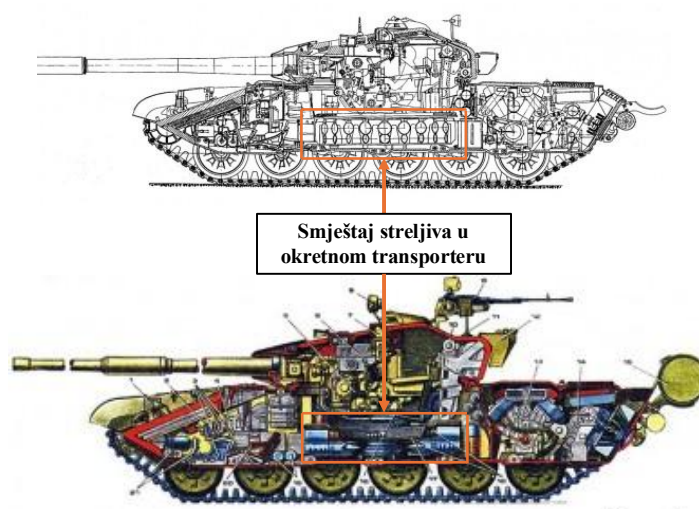
Tablica 12. Osnovne karakteristike tenka M-84 [33]

Borbena masa	41,5 t
Specifični pritisak na tlo	0,813 bar, tj. 8,13 N/cm ²
Posada	3 člana
Pogon	četverotaktni višegorivi dizelski motor s mehaničkim kompresorom, 12 cilindara pod kutom od 60° V-46-6 snage 574 kW
Najveća brzina	60 km/h
Radijus kretanja	460-650 km po makadamskom putu 700 km po putu I. reda
Utrošak goriva na 100 km puta	260-450 l po makadamskom putu 240 l po putu I. reda
Naoružanje	glatkocijevni top 2A46 125 mm spregnuta strojnica PKT 7,62 mm protuzrakoplovna strojnica NSV 12,7 mm
Punjenje topa	automatsko
Brzina paljbe topa	8 zrna u minuti
Sustav upravljanja vatrom	automatski, elektrohidraulički
Dužina	9,53 m s topom naprijed 9,67 m s topom nazad
Širina tenka	3,59 m po kumulativnim štitnicima 3,37 m po gusjenicama
Visina	2,19 m

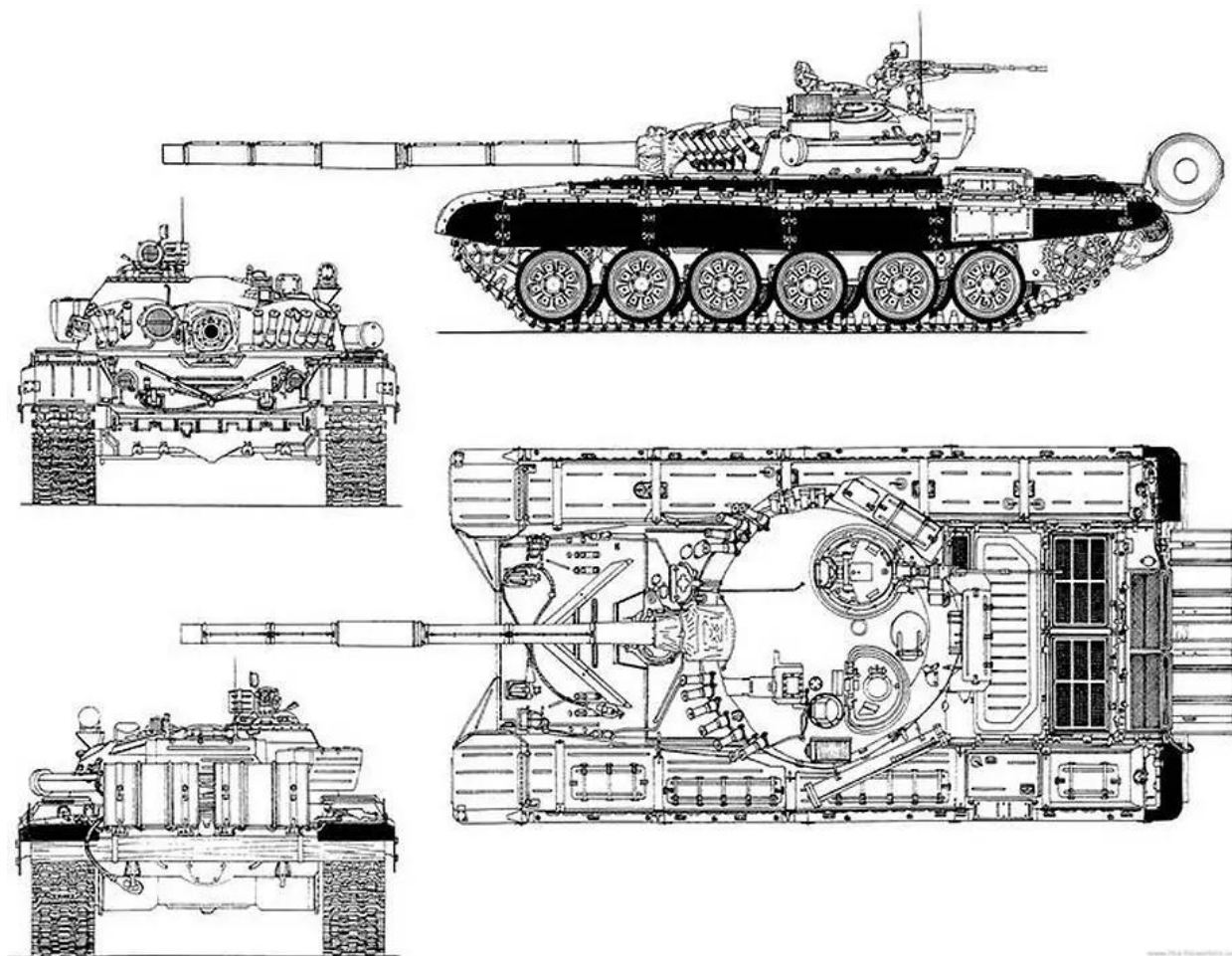


Slika 10. Tenk M-84 jugoslavenske proizvodnje [34]

Presjek tenka gdje je vidljiv smještaj streljiva u obrtnom transporteru je prikazan na slici (Slika 11) dok je shematski prikaz tenka M-84 je prikazan na slici (Slika 12). Sam smještaj streljiva u okretnom transporteru se često spominje kao jedna od glavnih mana kako tenka M-84 tako i tenka T-72. Posljedice takvog smještaja streljiva će biti prikazane kasnije u poglavlju.



Slika 11. Presjek tenka M-84 gdje je naznačen smještaj streljiva u okretnom transporteru [35]



Slika 12. Shematski prikaz tenka M-84 [36]

Navedeni tenk u upotrebi ne zadovoljava zahtjeve koje suvremena bojišnica stavlja pred zemlje zapada te zbog same zastarjelosti i poteškoća pri održavanju oni zahtijevaju kompletnu modernizaciju ili zamjenu s modernijim glavnim borbenim tenkom.

Od prepoznatih problema tijekom uporabe tenka M-84 ili tenka T-72 (budući da su navedeni tenkovi srodni po mnogim konstrukcijskim rješenjima, pa su tako i srodni po pitanju mnogih mana, a uporaba tenka T-72 u različitim verzijama je puno veća nego uporaba tenka M-84 pa se tako te mane najbolje vide u trenutnom sukobu u Ukrajini) potrebno je istaknuti sljedeće:

- Spor hod unatrag (najveća brzina 4 km/h).
- Nemogućnost okreta oko svoje osi (predstavlja problem u urbanom okruženju i drugim sličnim okruženjima).
- Top kalibra 125 mm nije u skladu sa zapadnim standardnim kalibrom od 120 mm što uvelike otežava logistiku.

- Zastarjeli i neadekvatni noćni uređaji članova posade (to je 2. generacija noćnih uređaja i ne sadrže termovizijske uređaje čime bivaju dosta ovisni o vanjskom osvjetljenju).
- Loša situacijska svijest (nedostatak sustava upravljanja bojišnicom (eng. *Battle Management System – BMS*)).
- Skućenost periskopa za promatranje.
- Velik broj zadata zapovjednika tenka (zapovijedanje tenkom/vodom/satnijom, uspostava i održavanje radio veze, popuna spregnute strojnice i otklanjanje mogućih zastoja kako na spregnutoj strojnici tako i na topu, nadzor rada automata popune topa).
- Mali radni prostor u tenku.
- Smanjena mogućnost preživljavanja posade i tenka (aktiviranje streljiva unutar tenka prilikom pogotka nerijetko rezultira katastrofalnim uništenjem tenka, kao što je prikazano na slici (Slika 13)).
- Slaba i zastarjela oklopna zaštita.
- Nedostatak aktivne zaštite.
- Nedostatak daljinski upravljane oružane stanice za protuzrakoplovnu strojnicu (nepotrebno izlaganje zapovjednika neprijateljskoj vatri).
- Različiti problemi s održavanjem (proizvodnja rezervnih dijelova je otežana i to ponajviše zbog trenutnog sukoba u Ukrajini) [37, 38].

Prema [29] potpredsjednik Vlade i ministar obrane Ivan Anušić i savezni ministar obrane Savezne Republike Njemačke Boris Pistorius su u listopadu 2024. godine potpisali ugovor o isporuci tenkova M-84 i borbenih vozila pješništva M-80 Ukrajini. Za isporučena borbeno vozila Savezno ministarstvo obrane Savezne Republike Njemačke je izvršilo uplatu Republici Hrvatskoj, a ta financijska sredstva će RH koristiti za nabavu novih tenkova. Prema istom izvoru, RH pokazuje jasne namjere za nabavljanje novih tenkova čime se pokazuje kako je jasno svjesna potrebe u kojoj se nalazi.



Slika 13. Primjer posljedice neadekvatnog smještaja streljiva u tenku – uništeni M-84 [39]
4.2. Odabir kriterija za nabavu

Budući da se iz već navedenog može zaključiti da je RH započela proces nabave novih tenkova bitno je da se isti proces provede temeljito i kvalitetno jer sama je nabava dugoročna investicija koja će imati utjecaja na mnoge buduće naraštaje. No, s pravom se može postaviti pitanje po kojim kriterijima se ta nabava treba provesti? S obzirom na svrhu tenka i njegovu funkciju na bojištu, svaki tenk vrijedi promatrati i ocjenjivati kroz pitanje koliko dobro ispunjava svoju svrhu, tj. koliku borbenu moć on ima. Združeni doktrinarni priručnik ZDP-P: Rječnik pojmova i definicija definira borbenu moć kao „sveukupna sredstva uništavajuće ili narušavajuće sile koje vojna postrojba ili formacija može primijeniti na protivnika u određenom vremenu.“ [40] , a ona se mjeri kroz borbenu efektivnost, tj. kroz sposobnost da postrojba ili formacija ili oprema izvršava svoju funkciju [41]. Šest borbenih funkcija jesu elementi borbene moći primijenjeni u fizičkoj domeni ratovanja [42]. Osnovna četiri elemenata borbene moći jesu: manevar, vatrena moć, zaštita i vođenje [43]. Tim elementima često se pridružuju održivost ili podrška i obavještajno djelovanje [42]. Stoga, bilo bi pravedno ocjenjivati različite alternative za izbor glavnog borbenog tenka kroz tih 6 borbenih funkcija.

Element borbene moći vođenje ili ponekad nazivan zapovijedanje i upravljanje odnosi se na sve zadaće i sustave koji omogućuju zapovjednicima da sinkroniziraju i konvergiraju sve elemente borbene moći.

Obavještajno djelovanje se odnosi na sve zadatke i sustave koji omogućuju sposobnost da se utječe na protivničku stranu (ne na ubojit način) te da se omogući shvaćanje neprijatelja, terena, atmosferskih prilika, civilnih razmatranja i ostalih bitnih aspekata operativnog okružja.

Manevar se odnosi na one zadaće i sustave koji sudjeluju u kretanju i korištenju snaga ne bi li se postigao položaj koji ima prednost naspram protivnika.

Vatrena moć se odnosi na one zadaće i sustave koji stvaraju i konvergiraju (ubojite i neubojite) efekte u svim domenama protiv protivnika kako bi se omogućilo provođenje operacija.

Podrška ili održivost su sve zadaće i sustavi koji omogućuju potporu i servise ne bi li se omogućila sloboda djelovanja, produljeno operativno djelovanje i izdrživost.

Element borbene moći - zaštita se odnosi na one zadaće i sustave koji štite snage kako bi zapovjednik mogao primijeniti najveću borbenu moć kako bi ostvario svoju zadaću [44].

Svakako, prije navođenja konkretnih kriterija, bitno je naglasiti nekoliko ograničenja.

- I. Prvo ograničenje, zbog same naravi teme ovoga rada može se zaključiti da su mnogi podaci vezani uz karakteristike borbenog tenka zapravo klasificirani i time nedostupni javnosti. Oni podaci koji i jesu dostupni javnosti su svakako upitne vjerodostojnosti, iako načelno ne odstupaju previše od stvarnosti. Tom ograničenju će se doskočiti tako da će se uzeti oni podaci koji jesu javno dostupni, a za koje autor smatra da su relevantni za donošenje odluke.
- II. Drugo ograničenje, mnogi podaci koji bi bili relevantni za određene kriterije koji bi se uzimali u obzir prilikom nabave, poput podatka srednjeg vremena između kvarova (MTBF) ili omjera održavanja (koliko sati održavanja je potrebno za jedan sat rada) jednostavno nisu dostupni široj javnosti. Svakako, prilikom provođenja stvarne nabave, ti bi se podaci zasigurno zatražili od proizvođača i time bi bili uključeni u proces donošenja odluke, no zbog nedostupnosti tih podataka široj javnosti ili zbog zastarjelosti podataka [45], ti se podaci ovdje neće uzimati u obzir.
- III. Treće ograničenje koje predstavlja za donositelje odluke jest to da su primorani razmatrati nabavku glavnog borbenog tenka zapadnog porijekla što uključuje zemlje poput Južne Koreje jer su i one naklonjene zemljama zapada. Tomu je tako iz očite geopolitičke situacije koja je trenutno u svijetu u vrijeme pisanja ovog rada. Tu također ulaze u obzir

NATO standardi koji su po mnogim kriterijima isključivi poput kalibra tenkovskog topa, vrste radio uređaja i slično. NATO standardi moraju se uzeti u obzir jer je Republika Hrvatska članica NATO saveza i time teži da poveća svoju NATO interoperabilnost što je svakako strateški cilj saveza. Neki od standarda bez kojih se niti ne razmišlja prilikom konstruiranja novog glavnog borbenog tenka jesu: sustav za upravljanje bojišnicom, termovizija kako za ciljača tako i za zapovjednika, mogućnost preuzimanja kontrole nad kupolom i mogućnost gađanja za zapovjednika (tzv. eng. *hunter-killer* sposobnost), aktivni sustavi zaštite (napose oni sustavi koji kinetički djeluju na nadolazeći projektil), motorno-transmisijski sklop (tzv. eng. *powerpack* koji se može zamijeniti s novim unutar 1 h zbog jednostavnosti spojeva), oslabljene ploče (tzv. eng. *blow-out panels* koji su namjerno oslabljeni da se u slučaju detonacije streljiva eksplozija širi od, a ne prema posadi), 120 mm glatkocejevni top i slično.

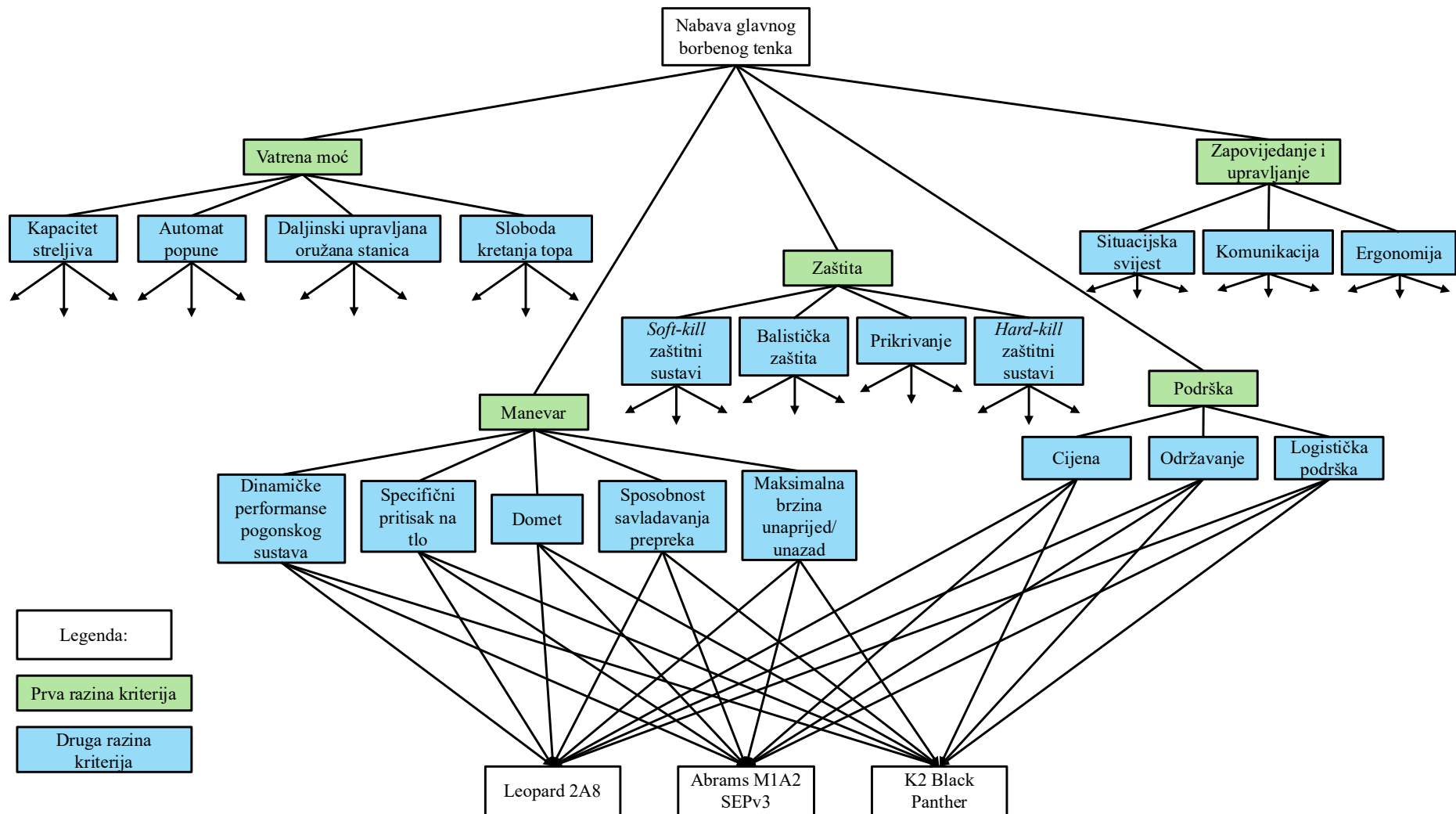
Bez obzira na sva navedena ograničenja, svrha ovog rada je, kao što je već rečeno, pružiti model koji bi se koristio za nabavku glavnog borbenog tenka. Naposljetku, autor drži kako je bitno ograničenje za razmatranje nabave glavnog borbenog tenka to da je glavni borbeni tenk trenutno u proizvodnji ili će biti u skorijoj budućnosti, tj. da je rok isporuke relativno razuman. Razlog tomu se pronalazi u tome da, poučeni iskustvom suvremenih sukoba, a napose onog u Ukrajini, konvencionalne borbene operacije podrazumijevaju visok utrošak resursa, što uključuje i visoke gubitke, gubitke koji se moraju nadomjestiti tekućom proizvodnjom kako cijelog tenka, tako i pojedinih rezervnih dijelova [46].

Također, bitno je naglasiti da od svih borbenih funkcija, jedina borbena funkcija koja neće biti uračunata pod kriterije jest ona obavještajna jer, po mišljenju autora, svi kriteriji koji bi bili relevantni za nabavku glavnog borbenog tenka, a da bi pritom spadali pod borbenu funkciju obavještajnog djelovanja i da bi bili dostupni javnosti, bi po samoj prirodi mogli pripadati pod druge borbene funkcije. Primjer za to se pronalazi u kriteriju kvalitete termovizije u ciljničkoj napravi koji po svojoj prirodi više pripada borbenoj funkciji vatrene moći, a opet bi se mogao i svrstati pod obavještajnu borbenu funkciju. Sljedeći primjer bi bio sustav upravljanja bojišnicom koji po svojoj prirodi više pripada borbenoj funkciji zapovijedanja i nadzora, ali također može biti smatran dijelom obavještajne borbene funkcije.

Temeljem svega navedenog donose se kriteriji i potkriteriji koji će biti razmatrani za ocjenjivanje tri različite alternative koje bi bile realne za uzimanje u obzir pri nabavi novog glavnog borbenog tenka. Navedeni kriteriji i alternative navedene su na slici (Slika 14), a detaljnije objašnjenje svakog pojedinog potkriterija je dano u nastavku rada.

Ispitna skupina bi trebala biti sastavljena od stručnjaka (operatera, tj. tenkovskih posada, zapovjednika i drugih vojnih inženjera). U svrhu simulacije upotrebe metode podaci se temelje na jednom ispitaniku.

Tri alternative koje su uzete u obzir, uzete su poštujući sva navedena ograničenja. Te tri alternative su redom njemački Leopard 2A8, američki Abrams M1A2 SEPv3 i južnokorejski (ili onaj proizveden u Republici Poljskoj) K2 Black Panther. Sve tri alternative su NATO interoperabilne, trenutno u serijskoj proizvodnji (ili će vrlo brzo započeti njihova serijska proizvodnja) te je javno dostupan dovoljan broj informacija koji omogućuju provedbu odabira glavnog borbenog tenka temeljem predloženog modela.



Slika 14. Struktura AHP-a za nabavu novog glavnog borbenog tenka za RH

4.2.1. *Kriterij vatrena moć*

Pod kriterijem vatrena moć dano je nekoliko potkriterija koje je autor dao na razmatranje prilikom izbora novog glavnog borbenog tenka.

Prvo od njih je kapacitet streljiva. Ono podrazumijeva koliko tenkovskih granata sam tenk sadrži unutar samoga sebe. Razmatra se samo streljivo za tenkovski top jer je to glavno oružje glavnog borbenog tenka. Streljivo koje nije odmah dostupno ili punitelju ili automatu popune će se po jedinici metka brojati s 0,5, a ne sa 1. To znači ako tenk ima 16 metaka u automatu popune i 24 metka skladišteno u trupu, a da pritom nije povezano s automatom popune, će imati ukupno 28 bodova ($16 + 24/2 = 28$) (kao što je slučaj kod K2 Black Panther [47]). Razlog takvom bodovanju je taj što posada, kako bi iskoristila ostalih 24 metka, bi trebala uložiti dodatan napor radi popune automata popune čime u to vrijeme onemogućuje operativno korištenje tenka.

Sljedeći potkriterij koji se uzima na razmatranje jest potkriteriji automat popune. Razmatrajući sve aspekte taj potkriterij nije eliminirajući, ali se opet uzima u obzir u smislu da se daje prednost onim tenkovima koji nemaju automat popune. Utemeljenje za takvo razmišljanje se pronalazi u činjenici da s automatom popune, tj. nedostatkom četvrtog člana posade, zapovjednik ima puno veće opterećenje prilikom rada s tenkom, dok s druge strane ako nadzor nad popunom tenkovskog topa i spregnute strojnice vrši četvrti član posade – punitelj, zapovjedniku je odmah i lakše zapovijedati kako svojim tenkom, tako i ostalim tenkovima (u slučaju da je riječ o zapovjedniku voda ili više). Nadalje, ako je u pitanju bilo kakvo održavanje tenka, a kojega ima na dnevnoj bazi, svakako četvrti član posade može samo dobro doći. Dodatni troškovi obuke za potencijalnog četvrtog člana posade, po mišljenju autora, su neznatni s obzirom na sve prednosti koje se dobivaju dodavanjem četvrtog člana posade dok se kompleksnost same obuke ne mijenja.

Nadalje, kao potkriterij je navedena daljinski upravljana oružana stanica (DUOS). Taj kriterij nije eliminirajući, već će se bodovati na način da prednost ima onaj tenk koji ima DUOS u usporedbi s onim koji to nema. Razlog tome jest to da ako tenk ima DUOS on se ne mora izlagati neprijateljskoj vatri i izlaziti iz tenka, već iz samog tenka može upravljati strojnicom i time djelovati po neprijatelju ili može jednostavno motriti bojište uz pomoć ciljaničkih sustava u sklopu DUOS-a.

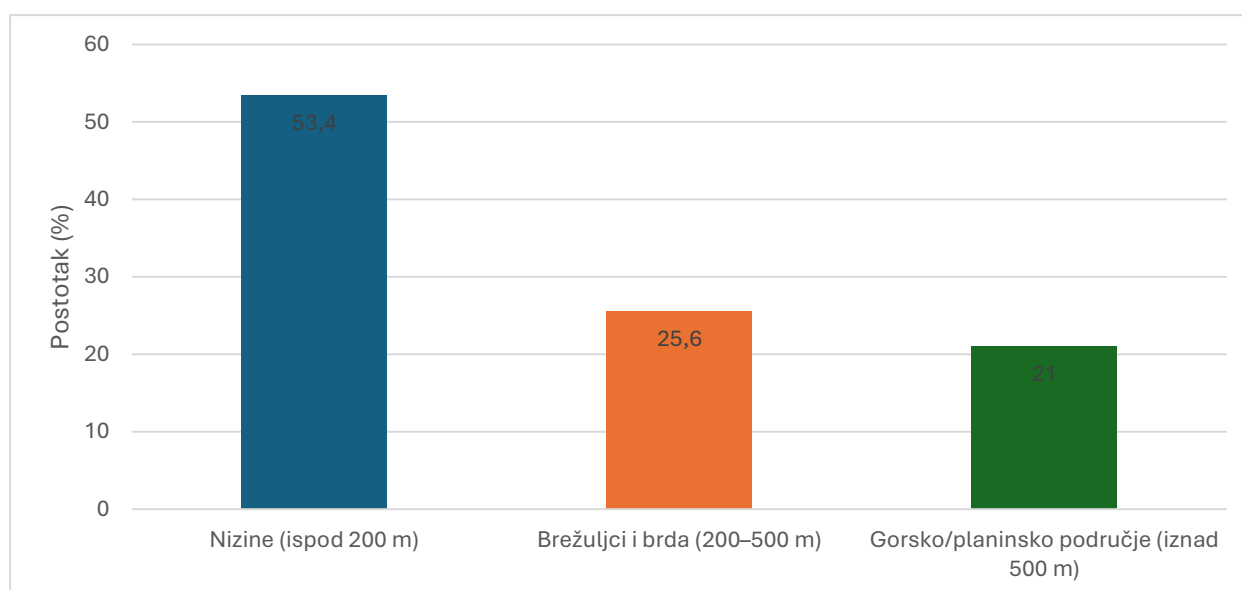
Naposljetku, potkriterij za kriterij vatrene moći jest sloboda kretanja topa. Ovo označava koliku maksimalnu elevaciju i depresiju top kao glavno oružje tenka može postići. Lako se može zaključiti zašto je to bitno. Naime, zbog općenitih manjih kutova elevacije i depresije kod glavnih

borbenih tenkova, tenk ima dodatno ograničenje kod djelovanja u okruženju koje nije ravničarsko, već koje je urbano ili planinsko. Stoga, ovaj potkriterij će se bodovati na način da onaj tenk koji ima bolje maksimalne kutove elevacije i depresije postiže veću prednost.

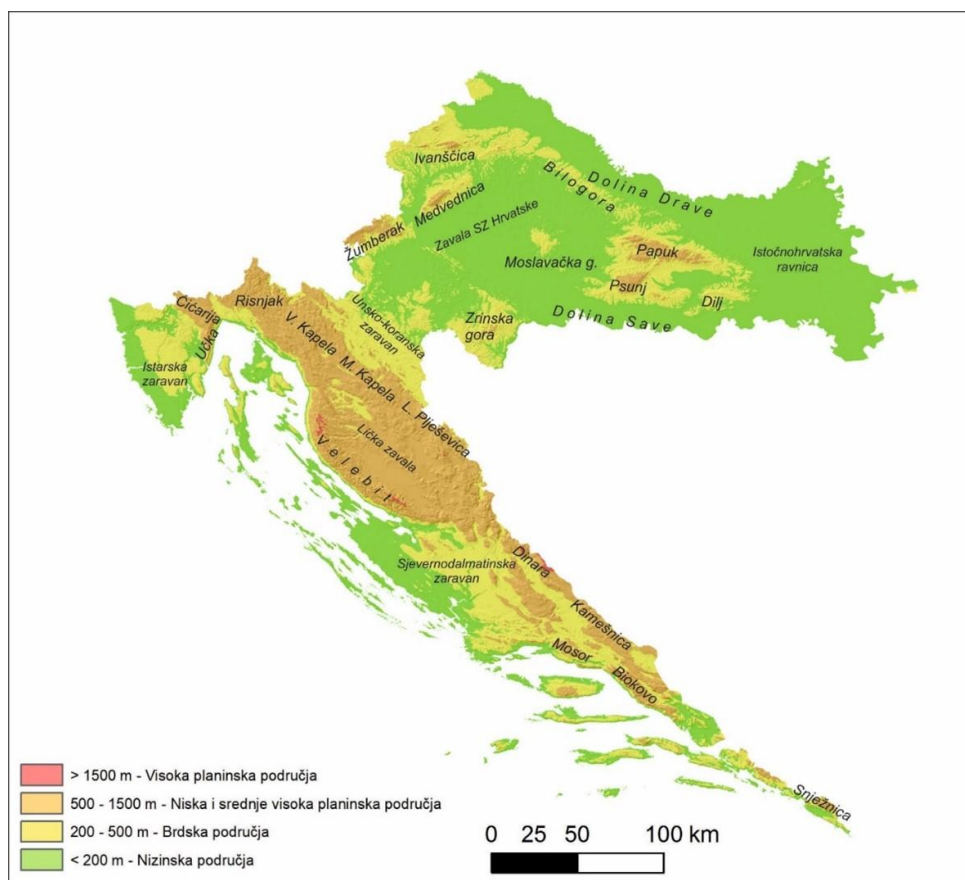
4.2.2. Kriterij manevar

Prije objašnjavanja različitih potkriterija koji se uzimaju u obzir pod kriterijem manevar, korisno je shvatiti širu sliku geomorfoloških obilježja Republike Hrvatske ili bolje rečeno s kakvim sve reljefom bi se glavnim borbeni tenk susretao na teritoriju Republike Hrvatske. Detaljnije računanje postotaka tenkoprohodnog područja nadilazi opus ovoga rada, ali će biti navedeni neki načelni podaci kako bi se mogli bolje razumjeti što je to što bi ograničavalo kretanje tenka i da se dobije dojam razdiobe istog područja u Republici Hrvatskoj.

Hrvatska je pretežno nizinska zemlja. Nizine (ispod 200 m nadmorske visine) čine 53,4% teritorija, brežuljci i brda (200 do 500 m visine) 25,6% teritorija, a gorsko i planinsko područje (iznad 500 m visine) 21,0% Hrvatske [48]. Navedena visinska raspodjela je prikazana na slici (Slika 15). Načelno se može kopnena Hrvatska podijeliti na dva glavna područja: panonsku i dinarsko područje. Ta područja imaju svoje karakteristike i obilježja i mogu se detaljnije analizirati i raščlaniti, ali to nadilazi opus ovoga rada radi čega je podjela na dva glavna dijela sasvim dovoljna. Najistaknutiji reljefni elementi Republike Hrvatske su prikazani na slici (Slika 16). Panonsko područje Republike Hrvatske je pretežito ravničarsko područje, uz pokoju uzvisinu, te ima mekanije tlo, dok je dinarsko područje pretežito ispresijecano uzvisinama, uz pokoju zaravan ili zavalu, te je tlo pretežito tvrđe [49].



Slika 15. Udio visinskih zona u teritoriju Hrvatske napravljeno prema [48]

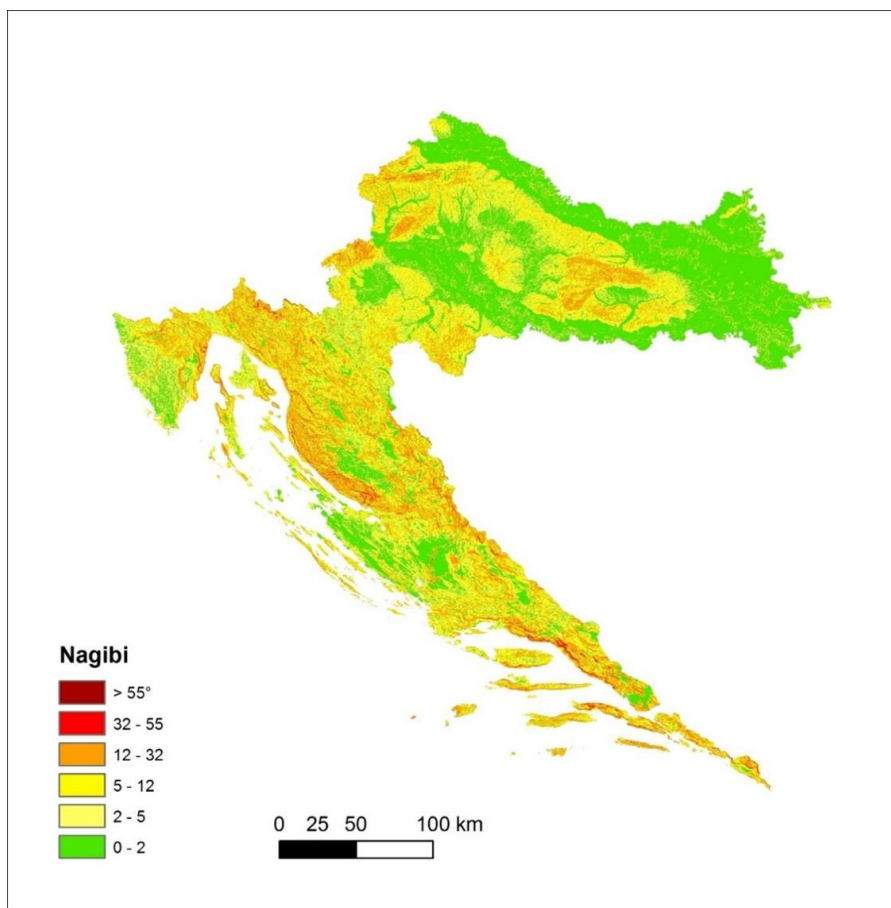


Slika 16. Najistaknutiji reljef Republike Hrvatske [49]

Također, prilikom razmatranja kretanja tenka, bitno je uzeti i u obzir nagib terena. Raščlamba nagiba terena u Republici Hrvatskoj je prikazano u tablici (Tablica 13), ali i na slici (Slika 17).

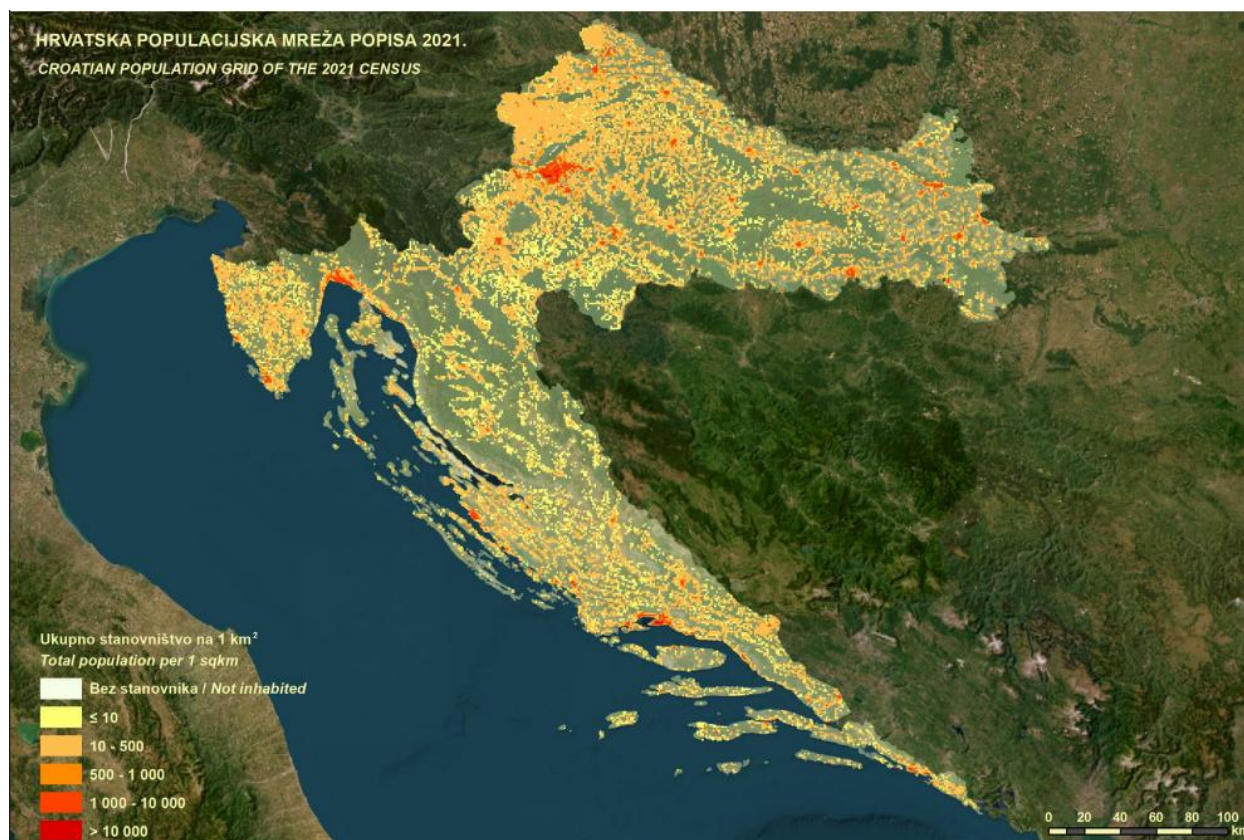
Tablica 13. Udio kategorija nagiba padina u ukupnoj površini kopnenog teritorija Republike Hrvatske [49]

Kategorija	Nagib (°)	Opis	Udio u površini RH (%)
1.	0-2	Ravnice; kretanje masa se ne opaža	35,63
2.	2-5	Blago nagnuti teren; blago ispiranje	19,95
3.	5-12	Nagnuti teren; pojačano ispiranje i kretanje masa	25,53
4.	12-32	Jako nagnuti teren; snažna erozija, ispiranje i izrazito kretanje masa	18,01
5.	32-55	Vrlo strm teren; dominira destrukcija	0,86
6.	>55	Strmci (litice); urušavanje	0,01



Slika 17. Karta nagiba padina Republike Hrvatske [49]

Naposljetku, za kretanje tenka bitno je uzeti i u obzir urbanizirana područja jer, iako možda mali u postotku, većina stanovništva Republike Hrvatske (skoro 60%) živi u gradovima što može značiti da će se i velik dio potencijalnog sukoba voditi oko urbanih područja [50]. Ovisno o izvoru i definicije urbaniziranosti može se gledati da usko urbanizirana područja (izgrađene građevine) pokrivaju 1–3% ukupne površine RH, dok šire urbano izgrađena područja (cijela površina naselja, prometnice) čine oko 11–12% ukupne površine RH [51]. Zorno je to prikazano na slici (Slika 18).



Slika 18. Hrvatska populacijska mreža popisa 2021. [52]

Temeljem dosad svega navedenog, kretanje glavnog borbenog tenka bi bilo neograničeno na nizinskim područjima, 1. i 2. kategorije nagiba i u područjima koja nisu urbanizirana. Djelomično ograničeno područje bi bilo brdsko i planinsko područje, 3. kategorije nagiba i u područjima koja su urbanizirana, dok bi se uzimalo za tenkoneprohodno područje ono područje koje je 4. i veće kategorije nagiba.

Razmatrajući kretanje glavnog borbenog tenka lako se zaključuje kako je ravničarsko područje pogodnije za uporabu tenkova, a ponajviše zbog preglednosti i mogućnosti kretanja glavnog borbenog tenka. Na ravničarskom terenu nije toliko kanaliziran kao što bi to bio u planinskom dijelu zbog velikih nagiba koje tenk ne može uvijek pokriti svojim glavnim naoružanjem. Dodatno, za ravničarski teren trebale bi se uzeti u obzir tip vegetacije (primjerice šume, krčevina i sl.), ali i kanali za navodnjavanje koji također predstavljaju određene prepreke za kretanje glavnog borbenog tenka. Na mekšem tlu koje prevladava na ravničarskom terenu, zbog manjeg specifičnog pritiska na tlo, gusjenice bolje prijanjaju, dok se vozila s kotačima teže kreću takvim terenima. Dakako, zabilježeni su primjeri kada je tenk korišten u dinarskom području kao što je u operacijama deblokade Dubrovnika 1992., operaciji oslobađanja zadarskog zaleđa 1993., operaciji Medački džep 1993., u operaciji Skok-1 kada su tenkovi uz pomoć inženjerije probili put na Dinari

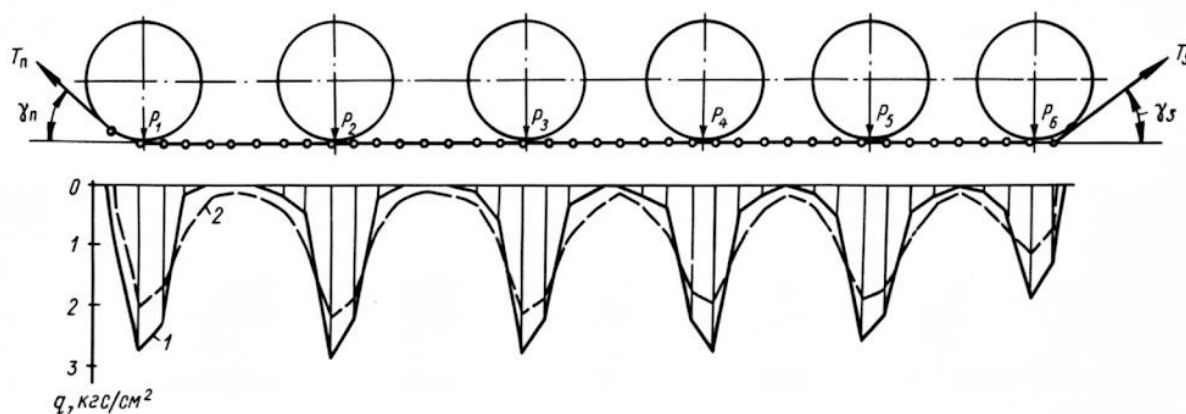
što je neprijateljsku stranu sasvim iznenadilo kao i u operaciji Oluja kada su tenkovi, koristeći položaje s Dinare, probili puteve prema Kninu što neprijatelj nikako nije očekivao jer su to područje smatrali neprohodnim za tenkove [53, 54, 55, 56, 57].

Pod kriterijem manevra najviše je potkriterija za ocjenjivanje alternativa. Razlog tomu jest taj što je najviše podataka javno dostupno za ovu borbenu funkciju.

Prvi potkriterij jest dinamičke performanse pogonskog sustava. Pod ovom osobinom će se razmatrati kako omjer snage i težine (što je bitno za akceleraciju) tako i karakteristika samog motora (odnos okretnog momenta s brzinom vrtnje radilice). Ova osobina glavnog borbenog tenka dolazi najviše do izražaja u trenucima izravnog kontakta s neprijateljem gdje tenk treba brzo djelovati i mijenjati vlastitu poziciju kako bi bio manje izložen neprijateljskoj vatri.

Sljedeći jest potkriterij domet. Poželjnije je da je tenk sam po sebi što samostalniji, tj. da zahtijeva što manje skrbi čime bi se iza njega smanjio logistički rep. Stoga, što veći domet to je tenk poželjniji jer će kasnije zatrebati nadopunu gorivom u operativnom korištenju. Također, ovdje se i razmatra koliko sam glavni borbeni tenk troši jer nije dovoljno da tenk ima veliki domet, već se i razmatra to da je bolje da sam tenk postigne što veći domet sa što manje goriva također iz razloga da zahtijeva što manji logistički rep.

Sljedeći na redu jest specifični pritisak na tlo. Ovaj potkriterij je bitan za razmatranje iz razloga što tenk po svojoj konstrukciji nije namijenjen isključivo za kretanje dobro uređenim prometnicama, već je baš zbog gusjenica konstruiran da se često kreće i po neuređenom terenu. Tu nije razborito gledati samo težinu tenka jer taj podatak ne daje cjelovitu sliku mogućnosti jednog tenka. Da se to objasni, dovoljno je pogledati nordijske skijaše koji se s lakoćom kreću po visokom snijegu na kojem bi se s velikim poteškoćama kretali da nemaju takve skije jer sa skijama, tj. povećanjem gazne površine, oni smanjuju svoj specifični pritisak na tlo. Naravno, nije dovoljno uzeti u obzir samo prosječni specifični pritisak na tlo već je bitno gledati koliko potpornih kotača tenk ima i kolike su dimenzije tih potpornih kotača. Današnji zapadni tenkovi uglavnom koriste gusjenice s gumeno-metalnim umetcima u člancima gusjeničnog platna koji dodatno smanjuju specifični pritisak na tlo. Navedena razlika je vidljiva na slici (Slika 19). Međutim, zbog nedostupnosti navedenih podataka, zadržat će se samo dostupni podatak za prosječni specifični pritisak na tlo [58]. Stoga, što je manji specifični pritisak na tlo, to tenk ima veću prednost.



Slika 19. Raspodjela pritiska duž nosive površine gusjenica: 1 – s otvorenim šarnirom, 2 – s gumeno-metalnim šarnirom [58]

Maksimalna brzina unaprijed/unazad je jedan bitan potkriterij koji prirodno nadopunjuje potkriterij omjera snage i težine. Jer tenk može imati odlično ubrzanje, ali ne mora imati visoku maksimalnu brzinu kretanja prema naprijed ili kretanja unazad. Također, bitno je uzeti u obzir kretanja naprijed i unazad jer su obje karakteristike bitne za efikasnost i učinkovitost u borbenom djelovanju. Nedostatak visoke brzine kretanja unazad je jedan od glavnih problema tenka T-72, tj. s tenkom M-84 [37] kojeg zapadni tenkovi većinom rješavaju dodavanjem većeg broja brzina za kretanje unazad. Brzim kretanjem unazad, tenk se može brže udaljiti iz svog trenutnog položaja, a da pritom ne izlaže ranjivije dijelove neprijateljskoj vatri.

Naposljetku, sposobnost savladavanja prepreka je potkriterij koji uzima u obzir sposobnost savladavanja vertikalnih prepreka, maksimalnog bočnog i vertikalnog nagiba, maksimalnu širinu rova kojeg tenk može proći kao i sposobnost je li tenk može savladati dublju vodenu prepreku bez potrebe za potporom inženjerije.

4.2.3. Kriterij zaštite

Mnogi elementi borbene funkcije zaštite su s razlogom klasificirani podaci zbog čega je nezahvalno ocjenjivati alternative temeljem nepoznatih podataka. No, radi stvaranja načelnog modela po kojem bi se mogla provesti nabava glavnog borbenog tenka ili nekog drugog borbenog sredstva, ova borbena funkcija je uzeta u obzir. Mentalitet zapadne tehnike u cijelosti, pa tako i zapadnih glavnih borbenih tenkova, jest očuvanje života posade. Iz tog razloga je primjerice već postao i standard da na zapadnim tenkovima postoje ploče koje su lokacijski iznad streljiva, na gornjem dijelu kupole, a koje su namjerno oslabljene da ako i dođe do detonacije streljiva da se detonacija usmjeri prema van, a ne prema unutra, tj. ne prema posadi. Time se osigurava veća šansa za preživljavanje cijele posade što je vidljivo iz sukoba u Ukrajini [59]. Nadalje, za borbenu

funkciju zaštite i razmatranje njezinih potkriterija, bitno je napomenuti slojevitost same zaštite koja se u stranoj literaturi često naziva eng. *survivability onion*. Naime, riječ je o ideji da ako osoba ili pak posada nekog vozila želi preživjeti na bojišnici ona ne smije biti viđena, a ako je pak viđena onda ne smije biti (na)ciljana, a ako je pak nacišana onda ne smije biti pogođena, a ako je pak pogođena onda ne smije biti probijena, a ako je pak probijena onda ne smije biti ubijena/uništena. Grafički se prikazuje u raznim oblicima, a ovdje je prikazana na slici (Slika 20).



Slika 20. Slojevitost zaštite borbenog oklopnog vozila [60]

Prvi potkriterij koji se uzima u obzir za razmatranje jest balistička zaštita. Ono se najviše odnosi na zadnji sloj zaštite. Oklopno tijelo je onaj zadnji stupanj zaštite koji stoji između prijetnje (bilo da je riječ o granati ili raketi ili pak nekom drugom obliku eksploziva) i posade. Ekvivalent je to pasivnom i reaktivnom oklopu prikazanom na slici (Slika 20). Sam sastav oklopnog tijela je u zapadnih tenkova pretežito kompozitni te time i strogo čuvana tajna. Također, bitno je napomenuti da su tenkovi najbolje balističke zaštite sprijeda jer je, povijesno gledano, teoretski najveća vjerojatnost da će tamo biti i pogođeni. Iako, suvremena bojišta pružaju mnoge nove izazove od kojih je proliferacija bespilotnih letjelica zasigurno bitan čimbenik koji značajno utječe na statistiku, no detaljnija istraživanja na tu temu će tek dočekati svjetlo dana u bližoj budućnosti kada točne brojke postanu dostupnije [61].

Budući da su to pretežito klasificirani podaci, alternative će se ocjenjivati po pretpostavci autora temeljem otvorenih izvora o sastavu oklopa, težini tenka pa i borbenoj dokazanosti.

Drugi potkriterij se odnosi na eng. *hard-kill* zaštitne sustave, a prema slici (Slika 20) je to aktivni oklop. Ti zaštitni sustavi se odnose na one zaštitne sustave koji nadolazeću prijetnju prepoznaju uz pomoć vlastitog sustava te ih uništavaju kinetički [62]. Iako već polako postaju standard, nisu još uvedeni u široku upotrebu. Također su mnoge karakteristike tih sustava klasificirane pa će alternative biti vrednovane prema dokazanosti u borbi.

Treći potkriterij se odnosi na eng. *soft-kill* zaštitne sustave. Prema slici (Slika 20.) to je cijeli 2. i 3. sloj zaštite. Ti zaštitni sustavi ne uništavaju nadolazeću prijetnju kinetički, već prijetnju neutraliziraju na nekinetički način bilo da je uz pomoć nekog sustava za ometanje, bilo da je stvaranjem dima, bilo da je izbacivanjem mamaca ili nešto slično [63]. Razna su rješenja koja se tu koriste, a alternative će se ocjenjivati prema količini različitih sustava koji određeni tenk deklarirano ima, a da su poznati široj javnosti.

Naposljetku, uzima se i u obzir potkriterij prikrivanja, a prema slici (Slika 20) on predstavlja prvi sloj zaštite. Ovaj potkriterij spada u prvi sloj zaštite. Slika 20 najbolje opisuje na što bi se sve odnosilo prikrivanje. Ukratko, ono se odnosi na načelo da sam tenk uopće ne bude viđen, tj. primijećen ili bolje rečeno, da on bude primijećen što kasnije. Tu se uzima u obzir vizualni, akustični, termalni, radarski otisak kao i od kojih je materijala napravljen, kojeg je oblika te koji premaz ima na sebi. Svi ti faktori utječu na samu prikrivenost tenka. Primjerice, ako inženjeri prilikom dizajniranja i konstruiranja tenka nisu obratili pozornost na akustični otisak tenka i tenk sam proizvodi puno buke te se može čuti na nekoliko kilometara daljine, njegova prikrivenost je mala. Ovdje je bitno naglasiti pomoćnu jedinicu za napajanje, mogućnost napajanja svih sustava bez potrebe rada glavnog motora što omogućava smanjenje toplinskog i akustičnog otiska samog tenka dok je on stacionar, primjerice u obrani. Prilikom ocjenjivanja alternativa na temelju ovog potkriterija, kao i inače, uzimat će se oni podaci koji su poznati široj javnosti.

4.2.4. Kriterij podrška

Izreka "Amateri razmatraju taktiku. Profesionalci razmatraju logistiku." je izreka američkog generala Omara Bradley [64]. Podrška je usko vezana uz logistiku stoga se može zaključiti kako ovaj kriterij zahtijeva podosta pažnje jer resursi nisu neograničeni. Svako tehničko sredstvo zahtijeva pravilno rukovanje, ali i održavanje. Iako je taktika neodvojiva od logistike i obrnuto, svakako ovom izrekom se želi samo dati naglasak na možda ponekad zanemareni aspekt ratovanja. Ovaj aspekt nije toliko glamurozan koliko i herojstvo iskazano u bitkama, ali je podjednako bitan jer vojska se kreće na svome želucu [65]. Naravno, želudac je samo metafora za cjelokupnu

logistiku koja mora pratiti borbene postrojbe, a ona je itekako diversificirana s velikim napretkom u tehnologiji suvremenog svijeta.

Prvi potkriterij koji se ovdje uzima u obzir je održavanje, ali u širem smislu. To je jedna riječ koja se odnosi na pouzdanost, dostupnost i održivost u užem smislu. Pod pouzdanošću se smatra da će neko sredstvo funkcionirati na zadovoljavajući način u svom namjeravanom operativnom okruženju tijekom određenog vremena bez kvara. Dostupnost označava mjeru do koje je sredstvo operativno i može biti uporabljeno na početku zadaće, tj. u bilo kojem trenutku kada se od tog sredstva zahtijeva. Uzima u obzir njegovo vrijeme rada i vrijeme zastoja, tj. kad je potrebno izvršiti neke radove na sredstvu. Na kraju uzima se u obzir održivost u užem smislu, a pod time se podrazumijeva lakoću, točnost, sigurnost i ekonomičnost u izvođenju aktivnosti održavanja. Različite su metrike koje se podrazumijevaju pod ovim pojmovima i detaljnije analize istih nadilazi opseg ovoga rada. Naravno, sve ove stavke utječu na logistički otisak koje jedno sredstvo ima. Primjerice, ako sustav ima nepouzdanu komponente, bit će potrebno više rezervnih dijelova, osoblja i opreme za održavanje čime se sam logistički otisak povećava [66]. Također, bitno je uzeti u obzir kakav alat tenk zahtijeva, je li on na metričkom ili imperijalnom sustavu i slično. Prilikom ocjenjivanja alternativa temeljem ovog potkriterija, uzimat će se u obzir koliko je sredstvo već u operativnoj uporabi, a najviše zbog toga što ako je već neko vrijeme u operativnoj uporabi to je veća vjerojatnost da su inicijalni kvarovi već riješeni [67]. Također će se uzimati u obzir neki opće poznati podaci o pouzdanosti, dostupnosti i održivosti alternativa, a napose iz lekcija koje se mogu izvući iz sukoba u Ukrajini jer ukrajinske snage koriste inačice tenkova M1A2 Abrams i Leopard 2.

Potkriterij cijene ne zahtijeva posebno objašnjenje osim posebne napomene da cijena može varirati ovisno o ugovorenom paketu jer uz tako velike nabave često se ugovaraju i popratni elementi poput transfera tehnologije ili neke druge industrijske suradnje ili slično kao što je bio slučaj u nabavci K2 Black Panther za Republiku Poljsku [68].

Naposljetku, uzima se u obzir logistička podrška. Iako je održavanje dio logističke podrške, ipak je autor smatrao bitnim izdvojiti posebno održavanje, a posebno logističku podršku. Razlog je taj što se pod logističkom podrškom razmatra onaj najširi aspekt borbene funkcije podrške, a to je proizvodnja. Točnije, gdje se i kako proizvodnja odvija. Također, u stvarnoj nabavi glavnog borbenog tenka bi se trebalo uzeti u obzir što Republika Hrvatska dobiva s tim ugovorom, a da nije samo glavni borbeni tenk. Točnije rečeno je li moguće mobilizirati i nadograditi hrvatsku industriju sudjelovanjem u proizvodnji određenih dijelova glavnog borbenog tenka čime bi i civilna industrija profitirala od nabave ovakvog sustava. Također, postoji li neko dodatno strateško

partnerstvo koje možda nije usko vezano uz glavni borbeni tenk, a od kojeg bi Republika Hrvatska profitirala. No, za potrebe ovog rada će se razmatrati isključivo proizvodnja vezana za glavni borbeni tenk. Logistička podrška u mirnodopskom razdoblju je bitna, ali je isto tako bitno imati razvijenu logističku podršku za ratno stanje iz jednostavnog razloga što rat podrazumijeva velike gubitke raznih resursa pa tako i resursa vezanih za tenkove koji se trebaju nadomjestiti ako se od vojske očekuje da zadrži iste sposobnosti. No, logistička podrška u mirnodopskom razdoblju korelira s onim u ratnom stanju stoga se ona neće razdvojeno razmatrati jer ako postoji dobro razvijena domaća proizvodnja, ona će postojati i u ratnom stanju. Naravno, bolje će biti ocijenjena ona alternativa koja je proizvodnjom dostupnija Republici Hrvatskoj iz već ranije navedenih razloga visokog utroška resursa u konvencionalnim sukobima.

4.2.5. Kriterij zapovijedanje i upravljanje

„Kada razmišljamo o njemačkoj vojsci, bez obzira divimo li joj se ili je preziremo, ili smo kao mnogi od nas “uhvaćeni” između ta dva osjećaja, ne možemo joj poreći ogroman utjecaj, posebno njenog vođenja i ustroja na razvoj cjelokupne vojne organizacije prije, a napose nakon Drugog svjetskog rata.“ [69] Svoju popularnost temelji na načelu operativnog rukovođenja – njem. *Auftragstaktik* (taktika davanja zadaće). Drugim riječima, mentalitet njemačke vojske je bio takav da zapovjednik podređenom daje zadaću bez da pritom detaljizira kako da ju učini, ali istovremeno ga upoznaje s vlastitom namjerom (tj. daje mu okvir unutar kojeg podređeni djeluje) da u slučaju promjene situacije (što je u kaosu rata nerijetko slučaj) podređeni i dalje ima smjernice što treba činiti bez nepotrebne dodatne komunikacije [69]. Zanimljivo je primijetiti da primjerice tijekom njemačke invazije na Francusku 1940. godine su francuzi imali tenk S-35 koji je u nekim karakteristikama bio čak i nadmoćniji od njemačkog tenka Panzer IV kao što je oklop (njemački tenkovski topovi tog vremena nisu mogli probiti prednji oklop tog tenka), no njemačka je vojska bila daleko superiornija u kulturi zapovijedanja što se odražavalo na samu konstrukciju tenkova koja je omogućavala implementaciju te kulture na bojištu (svaki njemački tenk je bio opremljen radio-uređajem te je imao puno bolju preglednost u usporedbi s francuskim tenkovima tog vremena) [70]. Zbog svih ovih razloga, lako se može ustvrditi da je ova borbena funkcija itekako vrijedna pažnje.

Prvi od potkriterija koji se ovdje razmatra jest situacijska svijest. Pod time se misli na onu svijest koju zapovjednik ima o zadaći koju mora izvršiti, zapovjednikovoj namjeri, neprijateljskim i prijateljskim snagama te o svojem položaju u svemu tome. Mnogostruki su sustavi koji povećavaju situacijsku svijest posade, a napose zapovjedniku tenka. Među njima najbitnije je izdvojiti periskope, ciljničke naprave (kako ciljačeve tako i zapovjednikove) te sustav upravljanja

bojišnicom. Alternative će se ocjenjivati po tome koliko zapovjednik, ali i posada ima olakšano razvijanje situacijske svijesti, no zbog javne nedostupnosti mnogih podataka, procjene će se temeljiti na autorovoj procjeni koja će biti napravljena uz pomoć dostupnih podataka kako tekstualnih, tako i slikovnih.

Sljedeće se razmatra komunikacija. Kao što je već opisano, komunikacija igra bitnu ulogu u sposobnosti efektivnog i efikasnog zapovijedanja i upravljanja bilo kojom postrojbom. No, komunikacija podrazumijeva ne samo onu glasovnu koju posada ima između sebe i koju posada ima s drugim vozilima, već i na onu podatkovnu komunikaciju koja se može odvijati preko sustava za upravljanje bojišnicom, no tu je veći fokus na brzinu slanja podataka. Kod komunikacije je bitno naglasiti jednostavnost uporabe te sigurnost prijenosa (ovo ne uključuje samo kriptiranje, već i kakav otisak komunikacija ostavlja u elektromagnetskom spektru) kao i otpornost na ometanje od strane neprijatelja.

Naposljetku, razmatra se ergonomija. Prilagođenost sustava da posadi omogući što efikasnije djelovanje [71]. Ergonomija je „znanost o radu, postupci koji prilagođuju karakteristike rada tjelesnim i psihičkim osobinama čovjeka: radne površine, alate, dijelove strojeva, sjedalice, radne stolove, signalne uređaje prilagođene čovjekovim anatomskim, fiziološkim i psihološkim (npr. perceptivnim) karakteristikama.“ [72] Ergonomija je bitna iz više razloga, što radi bržeg donošenja odluke što je presudno u taktičkim situacijama, a što radi dugotrajnog manjeg opterećenja na posadu što isto može imati posljedice na borbenu učinkovitost [73]. Ovdje se ne uzima samo u obzir broj članova posade (što je već uzeto u obzir prilikom razmatranja automata popune), već i prostorna ergonomija (raspored posade, sloboda kretanja posade), ergonomija upravljanja sustava (koliko je lako i udobno upravljati sustavima), vizualna ergonomija (osvjetljenje, smještaj zaslona). Za najvjernije rezultate, trebao bi se provesti eksperiment s tenkovskim posadama koje bi ulazile u svaki tenk i ocjenjivale ergonomiju po različitim pitanjima, no zbog očite nemogućnosti ocjenjivanje alternativa će se provesti temeljem dostupnih podataka.

4.3. Definiranje alternativa

Kao što je ranije rečeno, tri alternative zadovoljavaju sva postavljena ograničenja te će se uzeti u obzir za ocjenjivanje. Te tri alternative su redom njemački Leopard 2A8, američki Abrams M1A2 SEPv3 i južnokorejski (ili onaj proizveden u Republici Poljskoj) K2 Black Panther.

Svaka od tih alternativa će biti ocjenjivana po postavljenim kriterijima pa će i sukladno tome biti prikupljeni podaci za svaku alternativu za svaki zadani kriterij. U nastavku su napravljeni kratki osvrti na sve tri alternative.

4.3.1. Alternativa 1 - Leopard 2A8

Leopard 2A8 predstavlja najnoviju inačicu Leopard 2 tenkova proizvedenih od strane tvrtki KNDS i Rheinmetall. Iako Leopard 2A8 nije još ušao u serijsku proizvodnju, više zemalja, među kojim je i Republika Hrvatska, je potpisalo ugovor o nabavi ovih tenkova [30].

Izgled tenka Leopard 2A8 je prikazan na slici (Slika 21).

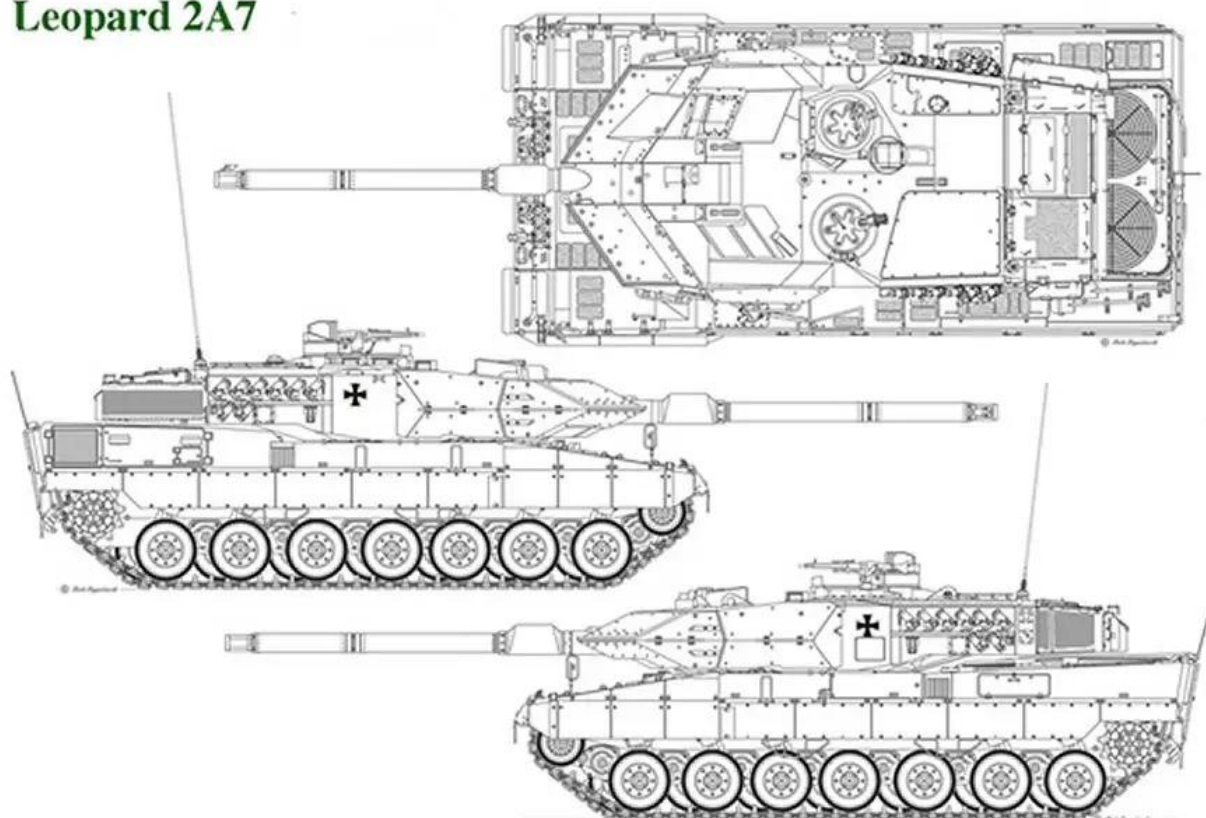


Slika 21. Leopard 2A8 [1]

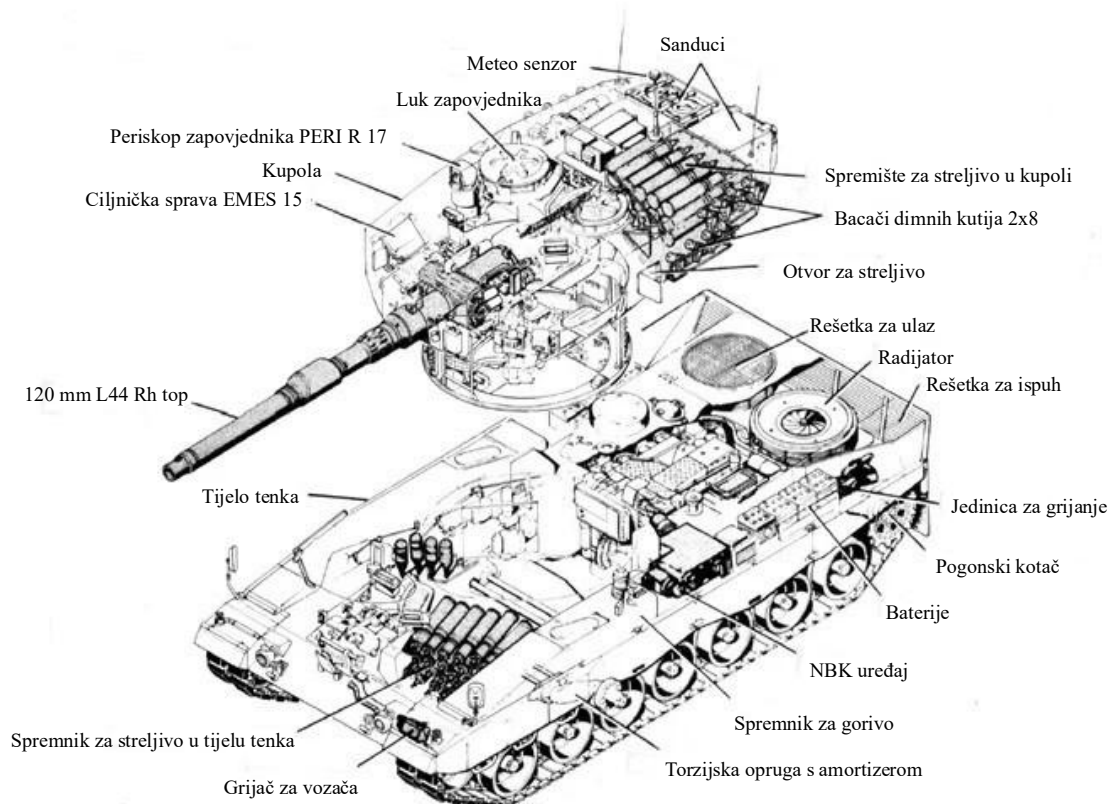
Povijest njemačkih Leopard tenkova seže do 1960-tih kada se proizvodio Leopard 1 tenk. On se odlikovao odličnom mobilnošću i preciznim sustavom za upravljanje vatrom koji je omogućavao preciznost čak i u pokretu. Iako mu je sam oklop bio slab, njemačka doktrina je nalagala da je

najbolja zaštita u biti mobilnost. Zahvaljujući dugom periodu testiranja to je bio prokušani tenk s niskom stopom kvarova, ali i velikom potrošnjom goriva. Upravo ova stečena iskustva su poslužila kao dobar temelj za daljnji razvoj novog glavnog borbenog tenka [74]. Općenito gledajući, Leopard 2 je tenk koji je nastao nakon neuspješnog američko-njemačkog projekta MBT-70. Zbog zajedničke prošlosti, Leopard 2 dijeli mnoge konstrukcijske sličnosti te inženjerska rješenja s tenkom M1 Abrams. Prvi Leopard 2 tenkovi su proizvedeni 1980-ih, a zadnja inačica tog tenka trenutno u operativnoj upotrebi je tenk Leopard 2A7 [75]. Shematski prikaz tenka Leopard 2A8 u vrijeme pisanja ovog rada nije javno dostupan, ali zbog sličnosti s prethodnom verzijom – Leopardom 2A7 ista je prikazana na slici (Slika 22). Također, sam presjek tenka Leopard 2A8 u vrijeme pisanja ovog rada nije javno dostupan, ali zbog sličnosti s prethodnim verzijama na slici (Slika 23) je prikazan presjek Leoparda 2A4 čime se može dobiti načelna ideja o rasporedu sustava u samom tenku.

Leopard 2A7



Slika 22. Shematski prikaz tenka Leopard 2A7 [76]

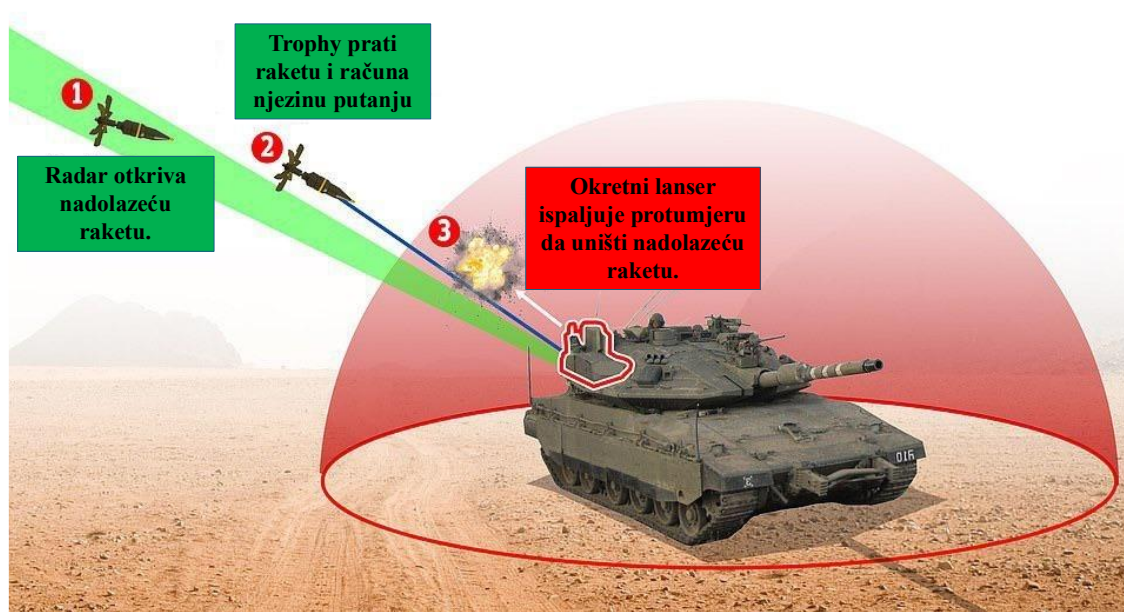


Slika 23. Presjek tenka Leopard 2A4 [77]

Najznačajniji napredak Leopard 2A8 u usporedbi s prethodnim verzijama jest u sustavu aktivne zaštite eng. *Trophy* koja se pokazala kao neizostavan dio suvremene tenkovske zaštite [1]. No, ono što razlikuje ovaj sustav aktivne zaštite od ostalih jest taj što ima mogućnost djelovanja na bespilotne letjelice [78]. Ključni element *Trophy* aktivne zaštite jest upravo njegov radar. Radar pokriva 360° oko tenka čime detektira nadolazeće prijetnje. Sofisticirana konstrukcija omogućuje da se istodobno prati više meta odjednom od kojih prikuplja određene podatke poput putanje i brzine nadolazećih prijetnji. Postoji radar i sa prednje i sa zadnje strane kupole kako na desnoj tako i na lijevoj strani. Prikaz radara se nalazi na slici (Slika 24) Nakon što je prijetnja registrirana na istu se djeluje protumjerom. Protumjera se sastoji od mali metalnih projektila koji neutraliziraju nadolazeću prijetnju na sigurnoj udaljenosti od vozila. Kutije koje sadrže navedeno streljivo se nalaze sa svake strane kupole [1].



Slika 24. Radar aktivnog sustava zaštite Trophy se nalazi na svakom kutu kupole [1]
Slikoviti prikaz rada aktivnog sustava zaštite tipa Trophy je prikazan na slici (Slika 25).



Slika 25. Slikoviti prikaz rada aktivnog sustava zaštite tipa Trophy [79]

Tri člana posade tenka Leoparda 2A8 su smješteni u kupoli, dok je četvrti član u prednjem dijelu u trupu tenka. Tenk je naoružan sa glatkocijevnim 120 mm/L55 topom (L55 je oznaka duljine 55 kalibara što ukupno iznosi 6,6 m duljine cijevi). Top je proizveden od njemačkog proizvođača Rheinmetall AG. Na ranijim inačicama Leopard 2 tenka je bio glatkocijevni top 120 mm/L44 (duljina 5,3 m). Razlika u duljini se ogleda u tome što je s duljom cijevi postignuta i veća početna brzina projektila na izlazu iz cijevi topa što ujedno i poboljšava preciznost, domet i probojnost topa. Može gađati s više tipova streljiva među kojima su potkalibarno streljivo, kumulativno i

višenamjensko streljivo. Ovaj top također može gađati sa streljivom DM11. Jedna od karakteristika ovog streljiva je to što ga je moguće programirati da se detonira na određenom dijelu njegove putanje. Ovo programiranje se može napraviti prije ispaljivanja ili u letu samog projektila uz pomoć sustava za upravljanja vatrom. Ova karakteristika čini DM11 vrlo efektivnim u raznim situacijama kao što su uništavanje neprijatelja koji se nalazi iza nekog zaklona ili u nekom zaklonu bez izravne vidljivosti. To streljivo se može koristiti protiv lako oklopljenih vozila, pješastva na otvorenom ili u zaklon kao i protiv neki utvrđenih objekata. Sekundarno naoružje je ovog tenka je spregnuta strojica kalibra 7,62 mm na lijevoj strani kupole [1].

Vozač ima tri periskopa za vidljivost. Središnji periskop se može zamijeniti s noćnim periskopom za uporabu u uvjetima slabije vidljivosti. Vozač može ući u tenk kroz zapovjednikov otvor, ali može izaći kroz svoj vlastiti otvor koji se jedino može otvoriti iznutra. Zapovjednik i ciljač se nalaze na desnoj strani kupole dok se punitelj nalazi s lijeve strane kupole. I zapovjednik i punitelj imaju vlastite otvore za ulazak, tj. izlazak [1].

Ova inačica tenka donosi modernizirani, višeslojni kompozitni oklop najnovije generacije koji se sastoji od različitih materijala kao što su čelik, volfram, keramika i drugi. Posebno poboljšanje oklopa se vidi u donjem dijelu trupa tenka gdje je tenk primio posebnu zaštitu od minsko eksplozivnog djelovanja [1].

U usporedbi s prethodnicima, Leopard 2A8 je opremljen motorom snage 1600 KS. Tenk može doseći brzinu od 70 km/h. Uzevši u obzir potrošnju, tenk se može kretati otprilike 450 km bez dodatne nadopune gorivom. Kao i u prethodnim inačicama, Leopard 2A8 ima osobitu mobilnost koja mu omogućuje savladavanje različitih i izazovnih terena što bi i trebala biti karakteristika gusjeničara. Također, uz određene pripreme tenk Leopard 2A8 može savladati i vodene prepreke dubine i do 4 m. Kao i ostali zapadni tenkovi koristi gusjenice lijevane izvedbe s gumenim ulošcima što olakšava kretanje na cestama, a istodobno ne otežava kretanje po terenskim uvjetima. Sustav torzijske opruge koje služe kao ovjes omogućavaju udobnost kako posadi, ali i stabilnost tenka prilikom vožnje [1].

Sam tenk ima napredne optičke sustave koji uključuju termoviziju kao i pasivne noćne optičke sustave čime posada može dobiti prednosti oba sustava u uvjetima smanjene vidljivosti. Zapovjednik ima panoramski periskop s preglednošću od 360°. Napredni sustav upravljanja vatrom omogućuje visoku vjerojatnost pogotka iz pokreta čak i dok se tenk kreće. Sustav uključuje laserski daljinomjer, balističko računalo i meteo senzor koji balističko računalo „hrani“ podaci o vanjskim atmosferskim uvjetima koji utječu na balistiku samog projektila. Sam tenk je opremljen

pomoćnom jedinicom za napajanje koja omogućuje posadi da koristi razne sustave (poput radio uređaja, sustava za upravljanje vatrom, sustave za upravljanje bojišnicom i druge) dok je motor tenka ugašen. Ovo može uštedjeti gorivo na tenku, ali i poboljšati mu prikrivenost. Također, tenk je opremljen NBK uređajima koji mogu održavati unutrašnji tlak u tenku do 4 hPa što je više od atmosferskog tlaka čime se stvara nadtlak u samom tenku što čini unutrašnjost sigurnom za življenje. Protupožarni sustav u tenku se sastoji od boca halona od kojih svaki teži 9 kg. Međusobno povezane protupožarne boce se aktiviraju kada unutrašnja temperatura prijeđe 82°C koju detektiraju termodavači postavljeni po cijelom tenku. Protupožarni sustav se isto može aktivirati ručno ukoliko se za to ukaže potreba. Rezervna boca halona se nalazi ispod topa kako bi se osigurao dodatan sloj zaštite od nesretnih slučajeva [1].

Glavne karakteristike tenka Leopard 2A8 su dane u tablici (Tablica 14).

Tablica 14. Osnovne karakteristike tenka Leopard 2A8 [63]

Borbena masa	69 t
Posada	4 člana
Pogon	dizelski motor MTU od 1600 KS
Najveća brzina	70 km/h
Radijus kretanja	450 km po putu I. reda
Naoružanje	glatkocijevni top L55 120 mm spregnuta strojica 7,62 mm DUOS sa strojicom 12,7 mm ili 7,62 mm
Punjenje topa	ručno
Sustav upravljanja vatrom	električno
Duljina	7,7 m
Širina	4 m
Visina	3 m
Specifični pritisak na tlo	0,83 bar, tj. 8,3 N/cm ²
Kapacitet streljiva	27 komada u tijelu tenka i 15 komada u kupoli
Maksimalna vertikalna prepreka	1,15 m
Maksimalni vertikalni nagib	60 %

Maksimalni bočni nagib	30 %
Maksimalna horizontalna prepreka (rov)	3 m
Savladavanje vodenih prepreka	1 m bez pripreme 4 m s pripremom

4.3.2. *Alternativa 2 - K2 Black Panther*

Južnokorejski tenk K2 Black Panther, proizvod tvrtke Hyundai Rotem je ušao u uporabu 2014. godine kao odgovor na zahtjeve južnokorejske nestabilne geopolitičke situacije [80]. Sam tenk je doživio najveći izvozni uspjeh s Republikom Poljskom koja je tražila proizvođača koji bi ponudio ne samo dovoljan broj tenkova koji bi nadomjestili one donirane Ukrajini, već i onog proizvođača koji je spreman napraviti transfer tehnologije kako bi sama Republika Poljska razvila sposobnost domaće proizvodnje tenkova i time sebe postavila na europsku scenu obrambene tehnologije [68]. Tenk K2 Black Panther je prikazan na slici (Slika 26).

Glavno naoružanje tenka K2 Black Panther jest njegov top Hyundai WIA CN08 120 mm 55 koji je južnokorejske proizvodnje, a specifično konstruiran za K2 Black Panther. Ono što najviše razlikuje K2 Black Panther od druge dvije alternative jest to što ima automat popune čime se broj članova posade smanjuje na 3 člana. Automat popune omogućuje popunu topa čak i dok se tenk kreće po neravnom terenu. Top tenka K2 Black Panther može ispaliti i do 10 projektila u minuti, a njegova ukupna količina streljiva je 40 komada. Od ukupnog broja streljiva, 16 ih je skladišteno u automatu popune dok je 24 unutar trupa tenka. K2 može gađati s različitim streljivom među kojima je i južnokorejsko potkalibarno streljivo napravljeno od volframa. Također, može koristiti višenamjensko streljivo koje se može koristiti protiv pješništva, neoklopljeni ili lako oklopljenih vozila kao i protiv nisko letećih helikoptera. Spregnuta strojica kalibra 7,62 mm se nalazi sa lijeve strane kupole dok se teška strojica kalibra 12,7 mm nalazi na kupoli na desnoj strani i njome može upravljati zapovjednik [80].

Raspored posade tenka K2 je konvencionalno. Vozač se nalazi u prednjem dijelu trupa, borbeni dio, gdje se nalaze zapovjednik i ciljač, se nalazi u sredini dok se motor i transmisija nalazi u zadnjem dijelu tenka. Oklop samog tenka je kompozitan i nepoznatog sastava. Sustav zaštite tenka K2 se sastoji i od milimetarskog radarskog sustava koji se koristi kao sustav za upozorenje na dolazeće rakete. Računalo u tenku može izračunati putanju nadolazeće prijetnje, upozoriti posadu i automatski izbaciti dim koji prikriva tenk od optičke, infracrvene i radarske vidljivosti. K2 također ima prijamnik radarskog upozorenja i radarski ometač. Laserski prijammnici pokrivaju svaki kut oko tenka i služe kako bi upozorile posadu ukoliko je tenk označen laserom. Također, kao i u

prethodnom slučaju, računalo može automatski ispaliti dimne granate u smjeru iz kojeg dolazi laserski snop [80].

Motor kojim je K2 opremljen je snage 1500 KS i proizvodi se pod njemačkom licencom. Motor u pitanju je njemački MTU 883 dizelski motor, dok je transmisija tvrtke Renk. Automatska transmisija uključuje 5 brzina za hod u naprijed, a 3 brzine za hod unatrag. K2 može razviti brzinu od 70 km/h na uređenim putevima dok može razviti brzinu od 48 km/h po neuređenim putevima. Također, odlikuje ga visoka mobilnost jer je i konstruiran s obzirom na južnokorejski teren koji je brdovit i prožet brojim vodenim tokovima. K2 Black Panther ima napredan ovjes koji omogućuje prilagodbu visine i nagiba tenka što povećava slobodu kretanja topa od maksimalne elevacije u iznosu od 22° do maksimalne depresije u iznosu od -10° [80].

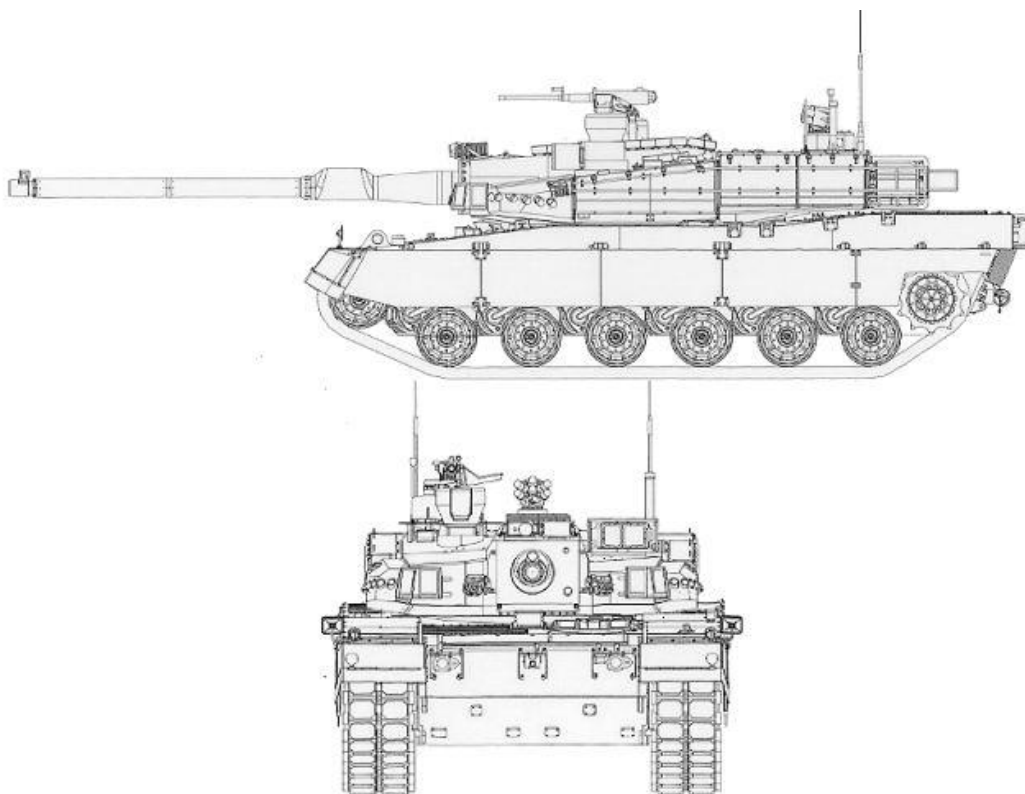
K2 ima napredni sustav za upravljanje vatrom koji je povezan s milimetarskim radarskim sustavom i s konvencionalnim laserskim daljinomjerom kao i meteo senzorom. Proizvođači tenka K2 Black Panther se hvale mogućnošću automatskog praćenja meta koji ima mogućnost pratiti mete na udaljenosti od 9,8 km koristeći termalnu optiku. Ovo automatsko praćenje omogućuje posadi veću preciznost prilikom kretanja kao i efektivno gađanje nisko letećih helikoptera. Zapovjednik ima vlastiti panoramski ciljnički sustav, dok ciljač ima svoj sustav južnokorejske proizvodnje. Kao i u ostalim alternativa, K2 Black Panther ima eng. *hunter-killer* sposobnost. Drugim riječima, zapovjednik može preuzeti kontrolu nad kupolom i topom od ciljača i gađati u prijetnje za koje on procijeni da su u tom trenutku bitnije. Tenk K2 ima vlastiti NBK zaštitni sustav koji radi na istom principu koji je opisan kod Leopard 2A8. Skladište streljiva je opremljeno sa eng. *blow-out* panelima koji su namjerno oslabljeni kako bi se, ukoliko dođe do detonacije streljiva, eksplozija usmjerila izvan tenka, a ne u tenk čime bi se naškodilo posadi. Tenk može, uz određene pripreme, savladati vodenu zapreku dubine 5 m te je borbeno spreman čim izađe iz vodene. Sama priprema za podvodnu vožnju traje otprilike 30 minuta. Također ono što odlikuje K2 Black Panther jest ugrađeni simulator za obuku uz pomoć kojeg se posada može obučavati na tenku kao da su na terenu dok su zapravo u hangaru u matičnoj postrojbi [81].

Podaci za specifični pritisak na tlo za ovu alternativu nisu javno dostupni, ali zbog manje težine razumno je zaključiti da je specifični pritisak na tlo najmanji od sve tri alternative.



Slika 26. Tenk K2 Black Panther [80]

Shematski prikaz tenka K2 Black Panther je prikazan na slici (Slika 27) dok je presjek samog tenka kao i slike unutrašnjosti tenka u vrijeme pisanja ovog rada javno nedostupne.



Slika 27. Shematski prikaz tenka K2 Black Panther [80]

Osnovne karakteristike tenka K2 Black Panther su prikazane u tablici (Tablica 15).

Tablica 15. Osnovne karakteristike tenka K2 Black Panther [80]

Borbena masa	55 t
Posada	3 člana
Pogon	dizelski motor MTU 883 od 1500 KS
Najveća brzina	70 km/h
Radijus kretanja	450 km po putu I. reda
Naoružanje	glatkocijevni top Hyundai WIA CN08 120 mm spregnuta strojnica 7,62 mm strojnica 12,7 mm
Punjenje topa	automatsko
Sustav upravljanja vatrom	električno
Duljina	10,7 m
Širina	3,6 m
Visina	2,4 m
Kapacitet streljiva	24 komada u tijelu tenka i 16 komada u spremniku automata za punjenje
Maksimalna vertikalna prepreka	1,3 m
Maksimalni vertikalni nagib	60 %
Maksimalni bočni nagib	30 %
Savladavanje vodenih prepreka	5 m dubine s pripremom

4.3.3. Alternativa 3 - M1A2 SEPv3

Tenk M1A2 SEPv3 američke je proizvodnje i jedan od zadnjih inačica obitelji M1A2 tenkova. M1 Abrams tenk je nastao kao produkt neuspješnog američko-njemačkog programa MBT-70. Kao što je ranije i rečeno, on dijeli mnoga konstrukcijska rješenja s tenkom Leopard 2. Osim u SAD-u, M1A2 SEPv3 su u operativnoj upotrebi u Republici Poljskoj i Australiji, no postoje još brojni zainteresirani kupci među kojima se nalaze Tajvan, Bahrein i drugi [82].

Glavno naoružanje tenka M1A2 SEPv3 jest upravo glatkocijevni M256 top kalibra 120 mm. Tenk je opremljen daljinski upravljanom oružanom stanicom koja povećava zapovjednikovu situacijsku svjesnost bez da ugrožava njegovu sigurnost, tj. ne mora izlaziti iz tenka. Spregnuta strojnica kalibra 7,62 mm se nalazi desno od topa na samoj kupoli. Također, punitelj ima vlastitu strojnicu

kalibra 7,62 mm s kojom može djelovati koja se nalazi na kupoli sa lijeve strane. Punitelj dok se koristi istom strojnicom ima balističku zaštitu te sa strojnicom ima slobodu kretanja od -30° do $+65^\circ$ po vertikalnoj ravnini, dok se po horizontalnoj ravnini može okretati za 265° . Dimnu zavjesu može stvoriti ili uz pomoć bacača dimnih kutija ili uz pomoć motora ubrizgavajući sitne čestice goriva u ispušni sustav čime se stvara dimna zavjesa. Tenk može ispaljivati potkalibarno streljivo M829E4 najnovije generacije. Ovo novo streljivo je poboljšane probojnosti na većim udaljenostima, a sastoji se od osiromašenog uranija. Napredno višenamjensko streljivo ima tri načina za detonaciju. Prvi način je detonacija pri udaru (ili trenutno), odgođena ili detonacija u zraku. Ova sposobnost streljiva se može koristiti čak i protiv protuoklopnih raketa na udaljenostima od 50 do 2000 m. Trenutna i odgođena detonacija omogućuje uništavanje prepreka, bunkera i probijanja zidova kako bi se napravio prolaz pješastvu. Radi svoje višenamjenske karakteristike smanjuje logistički otisak jer jedno streljivo zamjenjuje više njih [82].

Tenk M1A2 SEPv3 je prikazan na slici (Slika 28).



Slika 28. Tenk M1A2 SEPv3 [82]

Neke od zanimljivijih značajki ove nadogradnje je sasvim sigurno eng. *Vehicle Health Management System* (VHMS) i eng. *Ammunition DataLink*. Prvi omogućava posadi, ali i mehaničarima bolji uvid u stanje tenka po pitanju održavanja, a drugi omogućava komunikaciju

između sustava za upravljanje vatrom i streljivom čime se omogućuje tenku ispaljivanje granata koje mogu detonirati u zraku što bi bilo vrlo efektivno protiv pješastva iza zaklona [82].

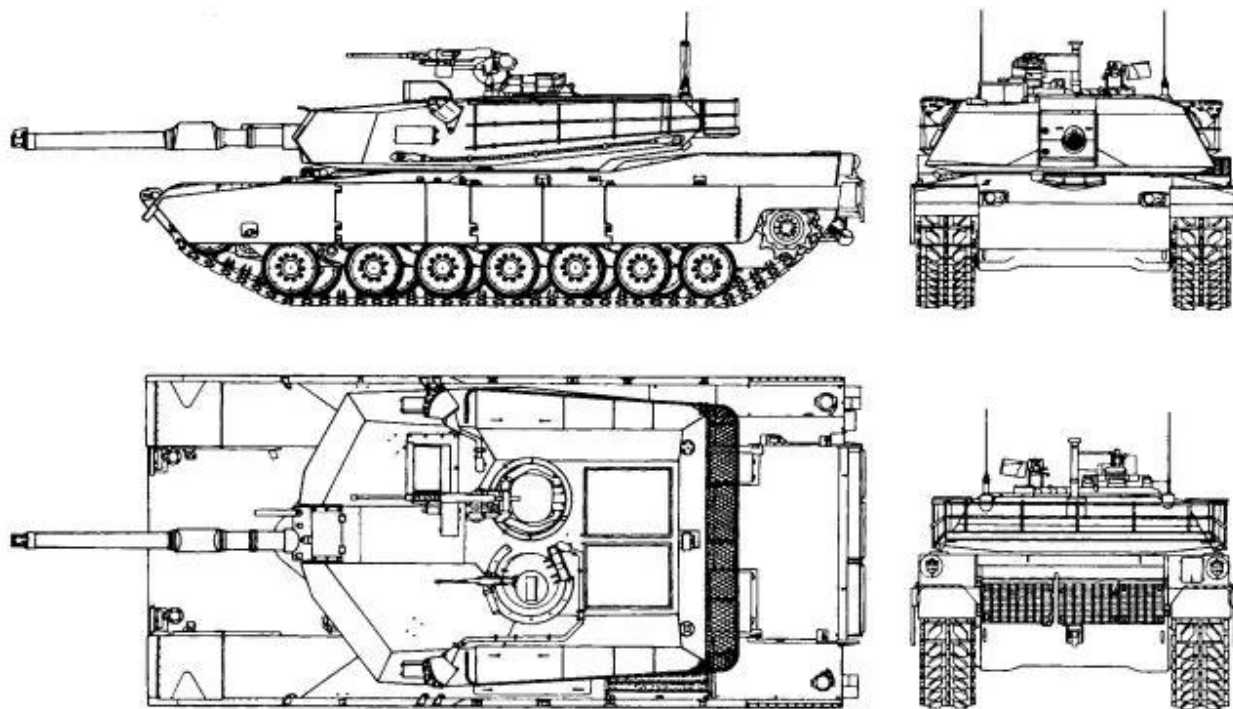
Konvencionalni raspored tenka koji je opisan i u prethodnih alternativa je prisutan i kod M1A2 SEPv3 tenka. Vozač se nalazi naprijed u trupu tenka, dok se kupola kao borbeni dio nalazi u sredini i u njoj su smješteni zapovjednik, ciljač i punitelj dok se motor i transmisija nalaze u zadnjem dijelu tenka. Ovaj tenk je opremljen dodatnom zaštitom od minsko eksplozivnih sredstva [82].

M1A2 SEPv3 pokreće plinska turbina Honeywell AGT1500 snage 1500 KS. Ova inačica Abrams tenkova sadrži i pomoćnu jedinicu za napajanje što omogućuje pokretanje raznih sustava bez potrebe za radom glavnog motora tenka što omogućuje posadi da uštedi gorivo kojeg konkretno plinska turbina koristi više u usporedbi s dizelskim motorom. Sam tenk ima konvencionalni ovjes temeljen na torzijskim oprugama [82].

Osim oklopne zaštite protiv minsko eksplozivnih sredstava, tenk se sastoji i od sustava elektronskog ratovanja koji imaju sposobnost ometanja signala čime pružaju dodatnu zaštitu od improviziranih eksplozivnih naprava. Optički sustavi su sastavljeni od unaprijeđenog infracrvenog sustava koji koristi duge i srednje valove infracrvene tehnologije kako u ciljnikog spravi ciljača tako i u zapovjednikovoj nezavisnom termalnom optičkom sustavu. Navedeni sustav može pružiti 4 različita pogleda koji se prikazuju na ekranima visoke rezolucije čime se poboljšava akvizicija meta, te vremena potrebna za identifikaciju i gađanje u usporedbi s ranijim generacijama i to u uvjetima slabije vidljivosti kao što su magla. Osim svih navedenih sustava, tenk je opremljen i aktivnim sustavom zaštite eng. *Trophy* čije je djelovanje opisano na primjeru tenka Leopard 2A8 [82].

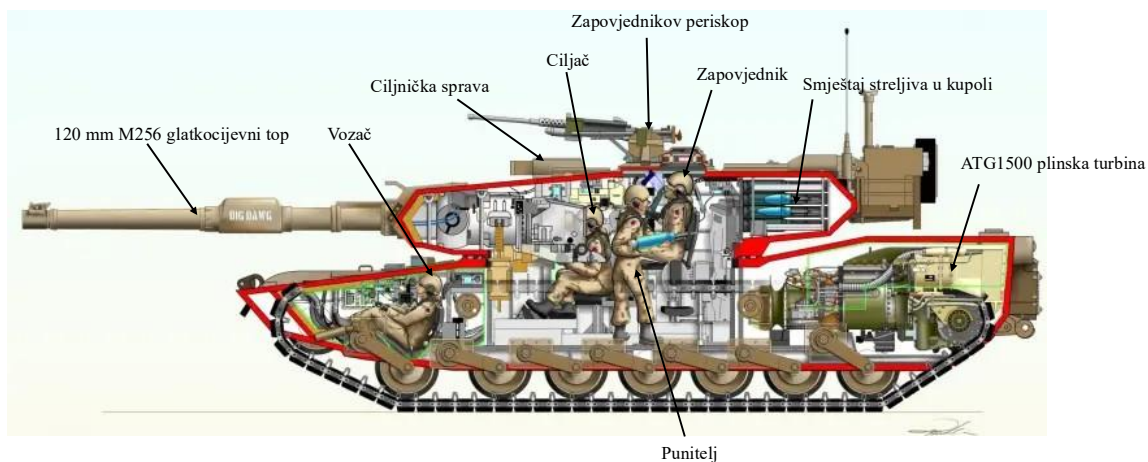
Tenk ima i telefon ugrađen na zadnjem dijelu tenka koji omogućuje razgovor pješastva koje bi se nalazilo u blizini tenka sa posadom samog tenka koji podupire isto pješastvo. Ova značajka može biti itekako korisna u urbanom okružju gdje se očekuje vrlo bliska suradnja između oklopnih i pješćkih snaga.

Shematski prikaz tenka M1A2 je prikazan na slici (Slika 29).



Slika 29. Shematski prikaz tenka M1A2 [83]

Presjek tenka M1A1, koji je vrlo sličan tenku M1A2, po kojem se može dobiti načelna ideja rasporeda sustava u tenku kao i položaj posada je prikazan na slici (Slika 30).



Slika 30. Presjek tenka M1A1 [84]

Osnovne karakteristike tenka M1A2 SEPv3 se nalaze u tablici (Tablica 16).

Tablica 16. Osnovne karakteristike tenka M1A2 SEPV3 [82]

Borbena masa	66,8 t
Posada	4 člana
Pogon	plinska turbina Honeywell AGT1500 od 1500 KS
Najveća brzina	68 km/h
Radijus kretanja	425 km po putu I. reda
Naoružanje	glatkocijevni top M256 120 mm spregnuta strojica 7,62 mm daljinski upravljana strojica 12,7 mm
Punjenje topa	ručno
Sustav upravljanja vatrom	električno
Duljina	9,7 m
Širina	3,7 m
Visina	2,4 m
Specifični pritisak na tlo	1,062 bar, tj 10,62 N/cm ²
Kapacitet streljiva	39 komada u kupoli

4.4. Uspoređivanje u parovima, izračun težina i konzistencije

Prema postavljenoj hijerarhijskoj strukturi (usp. Slika 14) potrebno je napraviti sljedeće usporedbe u parovima:

- Usporediti pet kriterija prve razine s obzirom na cilj odlučivanja.
- Usporediti četiri potkriterija Vatrene moći s obzirom na Vatrene moć.
- Usporediti pet potkriterija Manevra s obzirom na Manevar.
- Usporediti četiri potkriterija Zaštite s obzirom na Zaštitu.
- Usporediti tri potkriterija Podrške s obzirom na Podršku.
- Usporediti tri potkriterija Zapovijedanja i upravljanja s obzirom na Zapovijedanje i upravljanje.
- Usporediti tri alternative s obzirom na svih devetnaest potkriterija.

4.4.1. Kriteriji prve razine s obzirom na cilj odlučivanja

Radi pojednostavljenog prikaza, uz tablicu usporedbe u parovima će biti prikaz izračuna težina. Formule za izračun težina će biti stavljene samo uz prvu usporedbu u parovima jer su one iste za svaki drugi izračun osim što se razlikuju u broju usporedbi (n).

Prvo je potrebno napraviti usporedbu u parovima pet kriterija prve razine s obzirom na cilj odlučivanja. Ta prva usporedba u parovima je prikazana u tablici (Tablica 17).

Tablica 17 Usporedba u parovima pet kriterija prve razine s obzirom na cilj odlučivanja

	VM	MA	ZA	PO	ZU
Vatrena moć (VM)	1	1/3	2	1/6	1/7
Manevar (MA)	3	1	3	1/6	1/5
Zaštita (ZA)	1/2	1/3	1	1/7	1/7
Podrška (PO)	6	6	7	1	1
Zapovijedanje (ZU)	7	5	7	1	1

Za potrebe provedbe AHP-a je potrebna ispitna skupina koja bi bila sačinjena od stručnog tima koji bi promišljao o svakoj pojedinoj usporedbi i za nju pronalazio što objektivniji razlog. No, za prikaz metode sam autor je predstavljao ispitnu skupinu uz povremeno konzultiranje s kolegama iz sustava. Autor smatra kako su borbena funkcija zapovijedanja i upravljanja te borbena funkcija podrške najbitnije stavke prilikom ocjenjivanja alternativa jer se ionako suvremeni tenkovi, koji zadovoljavaju postavljena ograničenja, ne razlikuju previše u borbenim funkcijama vatrene moći, manevra i zaštite budući da već sami po sebi zadovoljavaju visoke NATO standarde.

Gledajući u prvi redak – Vatrenu moć vidimo da je ona s obzirom na vatrenu moć jednako važna, stoga dobiva vrijednost 1. Budući da je autor procijenio da je manevar bitniji od vatrene moći za 3 boda (prema Saatyjevoj skali je to srednja važnost) onda ta ćelija poprima vrijednost 1/3. Vatrena moć je bitnija od manevra, ali slabije, stoga poprima vrijednost 2. Podrška je skoro dokazano važnija od vatrene moći, stoga ova ćelija poprima 1/6. I na kraju Zapovijedanje i upravljanje je dokazano važnije od vatrene moći, stoga poprima vrijednost 1/7. Naravno, kad se u zadnjem retku zapovijedanje i upravljanje uspoređuje s vatrenom moći (5. redak, 1. stupac) ta ćelija poprima recipročnu vrijednost, vrijednost 7, od one ćelije gdje se vatrena moć uspoređivala sa zapovijedanjem i upravljanjem (1. redak, 5. stupac). Istom logikom se mogu zaključiti ostale usporedbe u parovima.

Ono što slijedi nakon usporedbe u parovima jest izračun težine ovih kriterija s obzirom na cilj odlučivanja. A to se učini na već prije opisan način koji je prikazan u tablici (Tablica 18).

Tablica 18. Izračun težine uspoređenih kriterija gdje w_{ij} predstavlja težinu svakog kriterija, a n je broj kriterija

	VM	MA	ZA	PO	ZU		
Vatrena moć (VM)	1	1/3	2	1/6	1/7		
Manevar (MA)	3	1	3	1/6	1/5		
Zaštita (ZA)	1/2	1/3	1	1/7	1/7		
Podrška (PO)	6	6	7	1	1		
Zapovijedanje i upravljanje (ZU)	7	5	7	1	1		
1. Ukupno (3.1.1.)	17,50	12,67	20,00	2,48	2,49		
2. Zatim se vrijednost svake ćelije podijeli s ukupnom vrijednošću pripadajućeg stupca (3.1.2.)						3. Zatim se zbrajaju redci	4. Zatim se dobivena suma podijeli s brojem kriterija (3.1.3.)
Vatrena moć	0,0571	0,0263	0,1000	0,0673	0,0575	0,3082	0,0616
Manevar	0,1714	0,0789	0,1500	0,0673	0,0805	0,5481	0,1096
Zaštita	0,0286	0,0263	0,0500	0,0577	0,0575	0,2201	0,0440
Podrška	0,3429	0,4737	0,3500	0,4038	0,4023	1,9727	0,3945
Zapovijedanje i upravljanje	0,4000	0,3947	0,3500	0,4038	0,4023	1,9509	0,3902

Iz prikazane tablice je vidljivo da kriterij vatrena moć ima težinu 0,0616 ili 6,16%, manevar ima težinu 0,1096 ili 10,96%, zaštita ima 0,044 ili 4,4%, podrška ima 0,3945 ili 39,45% te zapovijedanje i upravljanje ima 0,3902 ili 39,02%. To bi značilo da je kriterij podrška najbitniji, nakon kojeg odmah slijedi kriterij zapovijedanja i upravljanja, dok treće mjesto zauzima manevar nakon kojeg slijedi vatrena moć te naposljetku zaštita. Drugim riječima, alternative će se najviše ocjenjivati po kriterijima podrške te zapovijedanja i upravljanja i dobivene ocjene u ta dva kriterija će napraviti najveću razliku u konačnoj odluci, dok suprotno vrijedi za kriterij zaštitu i vatrenu moć.

Nakon što su izračunate težine svakog kriterija, pristupa se mjerenju konzistencije što će biti izračunato već ranije spomenutim postupkom, a prikazano je u tablici (Tablica 19).

Tablica 19. Izračun konzistencije s obzirom na matricu usporedbi

	VM	MA	ZA	PO	ZU	Težine w_i	
Vatrena moć (VM)	1	1/3	2	1/6	1/7	0,0616	
Manevar (MA)	3	1	3	1/6	1/5	0,1096	
Zaštita (ZA)	1/2	1/3	1	1/7	1/7	0,0440	
Podrška (PO)	6	6	7	1	1	0,3945	
Zapovijedanje (ZU)	7	5	7	1	1	0,3902	
1. Stupci matrice usporedbi se množe s pripadnim težinama (3.1.4.)						2. Izračun sume redova (3.1.5.)	3. Suma redova podijeljena s pripadnim težinama (3.1.6.)
0,0616	0,0205	0,1233	0,0103	0,0088	0,2246	4,99	
0,3289	0,1096	0,3289	0,0183	0,0219	0,8076	5,20	
0,0220	0,0147	0,0440	0,0063	0,0063	0,0933	5,08	
2,3672	2,3672	2,7618	0,3945	0,3945	8,2853	5,37	
2,7312	1,9509	2,7312	0,3902	0,3902	8,1937	5,31	
4. Izračun najveće svojstvene vrijednosti (3.1.7.)						0,05	
5. Izračun omjera nekonzistencije (3.1.8.) gdje se RI uzima iz tablice (Tablica 9)						0,04	

Iz izračuna konzistencije je vidljivo da je omjer manji od 0,1 što čini usporedbu konzistentnom te se može pristupiti daljnjim izračunima.

Sljedeće tablice će biti lišene međukoraka i bit će prikazane tablice s uspoređivanjem, težinama te omjerom konzistencije.

4.4.2. Potkriteriji vatrene moći

Potrebni izračuni za potkriterije vatrene moći su dani u tablici (Tablica 20).

Tablica 20. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije vatrene moći

	Kapacitet streljiva	Automat popune	Daljinski upravljana oružana stanica	Sloboda kretanja topa	Težine
Kapacitet streljiva	1	1/4	1/3	1	0,1088
Automat popune	4	1	2	3	0,4540
Daljinski upravljana oružana stanica	3	1/2	1	4	0,3242
Sloboda kretanja topa	1	1/3	1/4	1	0,1130
Omjer konzistencije					0,03

Kao što je vidljivo iz tablice, najviše težine nosi potkriterij automat popune, a iza njega najvažniji je potkriterij daljinski upravljane oružane stanice. Razlog tomu se nalazi u tome što autor osobno drži kako je četvrti član posade itekako dobro došao iz već ranije navedenih razloga, dok je daljinski upravljana oružana stanica na suvremenom bojištu jednostavno neizostavan dio glavnog borbenog tenka.

4.4.3. Potkriteriji manevra

Potrebni izračuni za potkriterije manevra su dani u tablici (Tablica 21).

Tablica 21. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije manevra

	Dinamičke performanse pogonskog sustava	Domest	Specifični pritisak na tlo	Maksimalna brzina unaprijed/unazad	Sposobnost savladavanja prepreka	Težine
Dinamičke performanse pogonskog sustava	1	1/2	1/4	1	3	0,1500
Domest	2	1	1/3	1/3	2	0,1482
Specifični pritisak na tlo	4	3	1	2	3	0,3895
Maksimalna brzina unaprijed/unazad	1	3	1/2	1	3	0,2332
Sposobnost savladavanja prepreka	1/3	1/2	1/3	1/3	1	0,0790
Omjer konzistencije						0,08

Tenk M-84 je hvaljen zbog svoje sposobnosti manevra te dokazanosti da se dobro snalazi po tlu Republike Hrvatske. Stoga, onaj tenk koji ga treba zamijeniti bi trebao barem dostići približne sposobnosti koje tenk M-84 ima, a posebno po pitanju manevarskih sposobnosti. Razumno je onda staviti veliki naglasak na potkriterij specifični pritisak na tlo, ali i na performanse tenka s obzirom na njegovu maksimalnu brzinu i pogonski sustav. Primjerice, s aspekta maksimalne brzine sve alternative dijele više-manje iste karakteristike, no one se razlikuju u pogonskom sustavu što bi imalo najviše utjecaja na samu logističku podršku tih sustava. Iz ovih, ali i ranije navedenih razloga takve težine za ove potkriterije.

4.4.4. Potkriteriji zaštite

Potrebni izračuni za potkriterije zaštite su dani u tablici (Tablica 22).

Tablica 22. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije zaštite

	Balistička zaštita	Hard-kill sustavi	Soft-kill sustavi	Prikrivanje	Težine
Balistička zaštita	1	1/2	1/2	1/2	0,1406
Hard-kill sustavi	2	1	1	3	0,3479
Soft-kill sustavi	2	1	1	3	0,3479
Prikrivanje	2	1/3	1/3	1	0,1636
Omjer konzistencije					0,06

Svakako, suvremeni tenkovi implementiraju mnogobrojna rješenja koja iskorištavaju najnoviju tehnologiju. Zapadni tenkovi su konstruirani tako da im je sigurnost posade visoko na ljestvici prioriteta. S time na umu, prilikom izbora glavnog borbenog tenka treba obratiti pažnju najviše na eng. *hard-kill* i eng. *soft-kill* zaštitne sustave koji čine veliku razliku na suvremenom bojištu i dotiču se različitih slojeva zaštite. Upravo to se i ogleda u rezultatima prikazanih u tablici.

4.4.5. Potkriteriji podrške

Potrebni izračuni za potkriterije podrške su dani u tablici (Tablica 23).

Tablica 23. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije podrške

	Održavanje	Cijena	Logistička podrška	Težine
Održavanje	1	5	1	0,4663
Cijena	1/5	1	1/4	0,1007
Logistička podrška	1	4	1	0,4330
Omjer konzistencije				0,01

Potkriteriji kriterija podrške su vrlo bitni jer, kao što je već napomenuto, zapadni tenkovi koji uopće dolaze u obzir za razmatranje se u prva tri kriterija ne razlikuju previše, dok bi veliku razliku radila činjenica gdje se tenk proizvodi, je li postoji mogućnost strateške suradnje u smislu proizvodnje rezervnih dijelova, koji su to alati potrebni za održavanje glavnog borbenog tenka i slično. Sam tenk koji uđe u operativnu upotrebu se mora održavati dugotrajno jer kupovina tenka je odluka koja se treba donijeti za sljedećih nekoliko desetaka godina. U razmatranje mora ući i civilni dio gospodarstva jer mala zemlja poput Republike Hrvatske može i mora itekako gospodarski pronaći načina kako da dodatno profitira od nabave glavnog borbenog tenka, a da nije samo pitanje bolje sigurnosti.

4.4.6. Potkriteriji zapovijedanja i upravljanja

Potrebni izračuni za potkriterije zapovijedanja i upravljanja su dani u tablici (Tablica 24).

Tablica 24. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije za potkriterije zapovijedanja i upravljanja

	Situacijska svijest	Komunikacija	Ergonomija	Težine
Situacijska svijest	1	1	3	0,4160
Komunikacija	1	1	4	0,4577
Ergonomija	1/3	1/4	1	0,1263
Omjer konzistencije				0,01

Uz kriterij podrške, kriterij zapovijedanja i upravljanja je najbitniji prilikom ocjene alternativa. Tehnički superioran tenk ne vrijedi puno ako se njegov potencijal, tj. ako se njegova borbena moć ne iskorištava u cijelosti. Iskorištavanje njegove borbene moći dakako ne ovisi samo o njegovoj ispravnosti i dostupnosti (to pokriva kriterij podrške), već ovisi i o tome kako se on koristi, tj. ovisi o kriteriju zapovijedanja i upravljanja. Zapovjednikovo najjače oružje u tenku jesu upravo njegovi

komunikacijski uređaji (ponajprije radio uređaj), kao što je bilo prikazano na primjeru 2. svj. rata. Nakon komunikacijskih uređaja, zapovjedniku je od životne važnosti imati situacijsku svijest, tj. svijest o tome gdje se nalazi njegov tenk, prijateljske postrojbe te neprijateljske postrojbe kako bi mogao sam bolje zapovijedati tenkom i iskorištavati njegovu borbenu moć u cijelosti. Iz navedenih razloga, komunikacija i situacijska svijest imaju najveće udjele u težinama i rade najveću razliku između alternativa koje se razmatraju.

U nastavku će, na istom načinu kao i do sada, biti izloženi svi potrebni izračuni svake alternative s obzirom na svaki potkriterij.

4.4.7. Usporedbe u parovima alternativa s obzirom na potkriterije

Nakon što su prikazane usporedbe u parovima kriterija s obzirom na cilj odlučivanja i usporedbe u parovima potkriterija s obzirom na svaki kriteriji, preostaje prikazati usporedbe u parovima tri alternative s obzirom na svaki od devetnaest potkriterija.

Prvo na redu jesu usporedbe u parovima alternativa s obzirom na potkriterije vatrene moći, a prvi potkriterij jest kapacitet streljiva što je dano u tablici (Tablica 25).

Tablica 25. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na kapacitet streljiva

Kapacitet streljiva	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/2	1/5	0,1179
K2 Black Panther	2	1	1/4	0,2014
M1A2 SEPv3	5	4	1	0,6806
Omjer konzistencije				0,02

S obzirom na već objašnjen način kako se računa kapacitet streljiva dobiveni su rezultati da Leopard 2A8 postiže rezultat od 28,5, K2 Black Panther postiže rezultat od 28, a dok M1A2 SEPv3 postiže rezultat od 39. [1, 80, 82] Unatoč objektivnim informacijama – broj streljiva, postoje aspekti koje nije moguće kvantificirati pogotovo zbog nedostupnih informacija te su sami rezultati u ovom izračunu djelomice dani rezultati koji imaju subjektivni aspekt u sebi. Razlika u iznosu od 0,5 je uzeta u obzir radi realnijeg ocjenjivanja alternativa pa je zato dana neznatna prednost K2 Black Pantheru u odnosu na Leopardu 2A8. Dok M1A2 SEPv3 ima značajnu prednost pred druge dvije alternative, ali opet ne maksimalnu prednost u iznosu od 9 u odnosu na Leopard 2A8, odnosno 8 u odnosu na K2 Black Panther, zato što taj iznos kapaciteta streljiva nije, po procjeni ispitne skupine, toliko značajan da zaslužuje toliko visoke ocjene.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij automat popune jesu dani u tablici (Tablica 26).

Tablica 26. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na automat popune

Automat popune	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	5	1	0,4545
K2 Black Panther	1/5	1	1/5	0,0909
M1A2 SEPv3	1	5	1	0,4545
Omjer konzistencije				0,00

Prednost se daje onom tenku koji nema automat popune, već svoj top popunjava uz pomoć punitelja. Razlozi su ranije već navedeni. S obzirom na to da Leopard 2A8 i M1A2 SEPv3 nemaju automat popune, a K2 Black Panther ima, prvim dvjema alternativama se daje značajna prednost u usporedbi s K2 Black Panther.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij daljinski upravljane oružane stanice jesu dani u tablici (Tablica 27).

Tablica 27. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na daljinski upravljaju oružanu stanicu

Daljinski upravljana oružana stanica	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	4	1	0,4330
K2 Black Panther	1/4	1	1/5	0,1007
M1A2 SEPv3	1	5	1	0,4663
Omjer konzistencije				0,01

Razlog zašto američki tenk ima blagu prednost nad njemačkim u ovom slučaju je zato što se M1A2 SEPv3 već serijski proizvodi s daljinski upravljanom oružanom stanicom (DUOS) koja je i borbeno dokazana, a Leopard 2A8 se treba proizvoditi s DUOS-om koji nije borbeno dokazan. S druge strane, K2 Black Panther je u operativnoj uporabi više godina i po otvorenim izvorima korištenje DUOS-a nije široko rasprostranjeno te se zato boduje da prve dvije alternative imaju prednost nad trećom.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij sloboda kretanja topa jesu dani u tablici (Tablica 28).

Tablica 28. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na slobodu kretanja topa

Daljinski upravljana oružana stanica	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/3	1	0,2
K2 Black Panther	3	1	3	0,6
M1A2 SEPv3	1	1/3	1	0,2
Omjer konzistencije				0,00

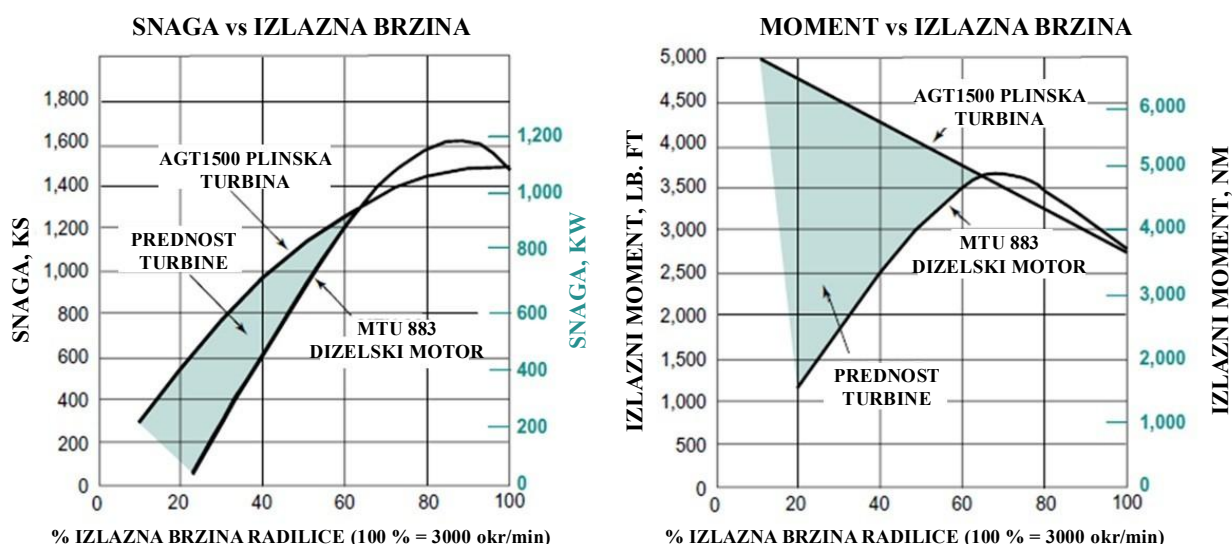
Tenkovi Leopard 2A8 i M1A2 SEPv3 imaju istu slobodu kretanja topa te zbog toga imaju jednaku važnost. No, razlog zašto K2 Black Panther tu ima srednju prednost se nalazi u njegovom aktivnom ovjesu. Naime, K2 Black Panther je tenk konstruiran za brdovito područje korejskog poluotoka zbog čega je jedna od bitnih stavki prilikom konstruiranja tog tenka bila ta da mu se poboljša maksimalna i elevacija i depresija topa ne bi li tenk mogao imati prednost u borbenom djelovanju s obzirom na sjevernokorejske glavne borbene tenkove. Aktivni ovjes dopušta tenku K2 Black Panther da se nagne naprijed ili nazad ili da si pak poveća ili smanji udaljenost od tla [80].

Sljedeće se gledaju potrebni izračuni alternativa s obzirom na potkriterije kriterija manevra. Prvi potkriterij jest dinamičke performanse pogonskog sustava. Potrebni izračuni za isti se nalaze u tablici (Tablica 29).

Tablica 29. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na dinamičke performanse pogonskog sustava

Dinamičke performanse pogonskog sustava	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/2	1/2	0,2
K2 Black Panther	2	1	1	0,4
M1A2 SEPv3	2	1	1	0,4
Omjer konzistencije				0,00

M1A2 SEPv3 koristi plinsku turbinu, dok druge dvije alternative koriste dizelski motor. Sva tri motora se razlikuju u dinamičkim performansama. Plinska turbina općenito odlikuje povoljnijom raspodjelom okretnog momenta (prikazano na slici (Slika 31)), lakše pokretanje po hladnom vremenu i jednostavnijom konstrukcijskom izvedbom (manji broj dijelova, manja potrošnja ulja za podmazivanje i manji sustav hlađenja), no mana joj je manji stupanj korisnosti i većom specifičnom potrošnjom goriva te većom osjetljivošću na prašinu (potrebni su dobri filteri zraka) [85, 86, 87]. Načelno, plinska turbina ima bolje dinamičke performanse pogonskog sustava u usporedbi s dizelskim motorom, no razlog zašto K2 Black Panther ima istu ocjenu kao i M1A2 SEPv3 jest taj zato što je K2 Black Panther lakši i time mu se dinamičke performanse pogonskog sustava poboljšavaju.



Slika 31. Usporedba dinamičkih performansi plinske turbine i dizelskog motora [87]

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij domet jesu dani u tablici (Tablica 30).

Tablica 30. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na domet

Domet	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1	5	0,4545
K2 Black Panther	1	1	5	0,4545
M1A2 SEPv3	1/5	1/5	1	0,0909
Omjer konzistencije				0,00

Kao što je ranije spomenuto, plinska turbina ima manji stupanj korisnosti i time veću potrošnju goriva dok Leopard 2A8 i K2 Black Panther imaju usporedivi domet.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij specifični pritisak na tlo jesu dani u tablici (Tablica 31).

Tablica 31. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na specifični pritisak na tlo

Specifični pritisak na tlo	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/2	2	0,2973
K2 Black Panther	2	1	3	0,5390
M1A2 SEPv3	1/2	1/3	1	0,1638
Omjer konzistencije				0,01

M1A2 SEPv3 svakako ima najveću težinu, a time i najveći specifični pritisak na tlo, dok je Leopard 2A8 nešto lakši, a K2 Black Panther najlakši od sve tri alternative. Površina gusjenica koja dodiruje tlo kod sve tri alternative jest usporediva. Za podneblje Republike Hrvatske je pogodno da tenk bude što manjeg specifičnog pritiska na tlo i reljef je donekle usporediv s onim u Ukrajini ili u Poljskoj. Stoga, podaci koji bi se mogli dobiti s bojišta na Ukrajini ili oni s testiranja iz Poljske bi bili izuzetno korisni za nabavu glavnog borbenog tenka za RH. Još k tome vrijedi napomenuti kako Republika Poljska koristi i Leopard 2A6 i M1A2 SEPv3 i K2 Black Panther tenkove. Zbog nedostupnosti podataka za specifični pritisak na tlo za tenk K2 Black Panther nije bilo moguće objektivno odrediti usporedbe u parovima.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij maksimalna brzina unaprijed/unazad jesu dani u tablici (Tablica 32).

Tablica 32. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na maksimalnu brzinu unaprijed/unazad

Maksimalna brzina unaprijed/unazad	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1	1/2	0,25
K2 Black Panther	1	1	1/2	0,25
M1A2 SEPv3	2	2	1	0,5
Omjer konzistencije				0,00

Sve tri alternative su usporedive po pitanju ovog potkriterija, no ipak M1A2 SEPv3 dobiva blagu prednost zbog plinske turbine i njezinih prednosti u ubrzanju.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij sposobnost savladavanja prepreka jesu dani u tablici (Tablica 33).

Tablica 33. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na sposobnost savladavanja prepreka

Sposobnost savladavanja prepreka	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/2	2	0,2973
K2 Black Panther	2	1	3	0,5390
M1A2 SEPv3	1/2	1/3	1	0,1638
Omjer konzistencije				0,01

Kao što je ranije spomenuto, K2 Black Panther je dizajniran i konstruiran s obzirom na teren na kojem je namijenjen da se bori, a to su brdovita područja ispresijecana brojnim rijekama korejskog poluotoka. S time na umu i uspoređujući pritom prepreke koje može savladavati (uključujući samostalno savladavanja vodene prepreke do dubine od 4 m) K2 Black Panther ima najveću ocjenu. Leopard 2A8 također ima sposobnost savladavanja vodene prepreke, ali s obzirom na ostale karakteristike (maksimalna okomita prepreka, maksimalna širina rova i slično) blago zaostaje za K2 Black Pantherom. Naposljetku, M1A2 SEPv3 nema sposobnost samostalnog savladavanja vodene prepreke što mu daje i najlošiju ocjenu.

Sljedeće se gledaju potrebni izračuni alternativa s obzirom na potkriterije kriterija zaštite. Prvi potkriterij jest balističke zaštita. Potrebni izračuni za isti se nalaze u tablici (Tablica 34).

Tablica 34. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na balističku zaštitu

Balistička zaštita	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	3	2	0,5390
K2 Black Panther	1/3	1	1/2	0,1638
M1A2 SEPv3	1/2	2	1	0,2973
Omjer konzistencije				0,01

S obzirom na klasificiranost mnogih podataka vezanih uz zaštitu, teško je dati objektivnu ocjenu balističke zaštite alternativama. No, sukladno otvorenim izvorima, ali i procjeni autora (s obzirom na samu težinu tenka), naslućuje se da Leopard 2A8 prednjači u balističkoj zaštiti, dok ga slijedi M1A2 SEPv3 i naposljetku K2 Black Panther [88, 82, 80].

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij *hard-kill* zaštitne sustave jesu dani u tablici (Tablica 35).

Tablica 35. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na eng. *hard-kill* zaštitne sustave

<i>Hard-kill</i> zaštitni sustavi	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	5	1	0,4545
K2 Black Panther	1/5	1	1/5	0,0909
M1A2 SEPv3	1	5	1	0,4545
Omjer konzistencije				0,00

Tenkovi M1A2 SEPv3 i Leopard 2A8 koriste sustav istog proizvođača – Rafael's *Trophy Active Protection System*. K2 Black Panther nudi mogućnost korištenja korejskog sustava aktivne zaštite koji nije dokazan u borbenim situacijama, dok izraelski sustav jest [89]. Iako, postoje naznake kako bi se isti sustav mogao i ugraditi i na poljske verzije K2 Black Panther što bi dovelo sve tri alternative na jednaku razinu [90]. No, za potrebe ovog rada autor pretpostavlja da na K2 Black Panther nema ugrađen borbeno dokazan *hard-kill* zaštitni sustav.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij *soft-kill* zaštitne sustave jesu dani u tablici (Tablica 36).

Tablica 36. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na eng. soft-kill zaštitne sustave

<i>Soft-kill</i> zaštitni sustavi	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/2	2	0,2973
K2 Black Panther	2	1	3	0,5390
M1A2 SEPv3	1/2	1/3	1	0,1638
Omjer konzistencije				0,01

S obzirom na broj različitih sustava kojima se proizvođač K2 Black Panthera diči, on zasigurno zauzima prvo mjesto. Među ostalima to su sustavi koji prepoznaju nadolazeće rakete, automatski ispaljuju multispektralni dim u smjeru prijetnje koji ometa ne samo optički, već i termalni spektar. Sustav također ima sposobnost detekcije radarskog zračenja, ali i sposobnost ometanja radara [80]. No, kao i prije najveća je prepreka klasificiranost podataka pa je ova usporedba u parovima dana najviše radi simulacije, a Leopard 2A8 zauzima više mjesto od M1A2 SEPv3 iz čistog razloga što je tenk novijeg datuma i time vjerojatno ima tehnologiju prilagođeniju suvremenoj bojišnici.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij prikrivanja jesu dani u tablici (Tablica 37).

Tablica 37. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na prikrivanje

Prikrivanje	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	5	2	0,5813
K2 Black Panther	1/5	1	1/3	0,1096
M1A2 SEPv3	1/2	3	1	0,3092
Omjer konzistencije				0,00

Najmanje ocjene dobiva K2 Black Panther jer iz otvorenih izvora nije jasno da ima ugrađenu pomoćnu jedinicu za napajanje čime se akustični i termalni otisak uvelike povećavaju. Leopard 2A8 naspram američkog tenka M1A2 SEPv3 ima dizelski motor za koji se uzima da ima manji toplinski otisak nasuprot plinskoj turbini američkog tenka i zato ima i neznatniju prednost u usporedbi s američkim tenkom.

Sljedeće se gledaju potrebni izračuni alternativa s obzirom na potkriterije kriterija podrške. Prvi potkriterij jest održavanje. Potrebni izračuni za isti se nalaze u tablici (Tablica 38).

Tablica 38. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na održavanje

Održavanje	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	2	5	0,5679
K2 Black Panther	1/2	1	4	0,3339
M1A2 SEPv3	1/5	1/4	1	0,0982
Omjer konzistencije				0,02

Budući da Oružane snage Republike Hrvatske većinski koriste alate metričkog sustava i da je dizelski motor pouzdaniji od plinske turbine koje koristi američki tenk, Leopard 2A8 dobiva najveće ocjene. Budući da je K2 Black Panther u početku pokazivao probleme u pouzdanosti s transmisijom i time je bio prisiljen koristiti njemačku transmisiju, zato je Leopard 2A8 dobio slabiju prednost pred južnokorejskim tenkom.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij cijene jesu dani u tablici (Tablica 39).

Tablica 39. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na cijenu

Cijena	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/5	1/2	0,1179
K2 Black Panther	5	1	4	0,6806
M1A2 SEPv3	2	1/4	1	0,2014
Omjer konzistencije				0,02

Iako su cijene vrlo varijabilne jer u cijenu ne ulazi samo tenk, već iza cijene se krije cijeli logistički paket, ali i ugovor o obučavanju, opet ovdje se razmatra cijena jer bi se u stvarnoj situaciji zasigurno uzimala u obzir. Prema izvorima [91, 92, 93] K2 Black Panther ima jediničnu cijenu tenka od oko 8 milijuna američkih dolara, dok se procjenjuje da M1A2 SEPv3 dostiže jediničnu cijenu od oko 25 milijuna američkih dolara, a njemački Leopard 2A8 čak i do 30 milijuna američkih dolara.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij logističke podrške jesu dani u tablici (Tablica 40).

Tablica 40. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na logističku podršku

Logistička podrška	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	2	5	0,5813
K2 Black Panther	1/2	1	3	0,3092
M1A2 SEPv3	1/5	1/3	1	0,1096
Omjer konzistencije				0,00

S obzirom na logističku podršku za ove tri alternative, najviše ocjene dobiva Leopard 2A8 sa slabijom prednošću pred K2 Black Panther, a jakom prednosti nad M1A2 SEPv3. Naime, najveći broj korisnika ima upravo tenk Leopard 2 i to su pretežito europske države. Upravo ta raširena mreža korisnika, ali i blizina istih korisnika, označuje da je za taj tenk najbolja razvijena logistička podrška na strateškoj razini. Odmah iza Leoparda 2, proizvodnja K2 Black Panther tenka je počela dolaziti u Poljsku čime je ta država pokazala osobit interes za razvijanjem vlastite industrije s mogućnošću stvaranja ozbiljne konkurencije proizvođačima Leopard 2 tenkova. Naravno, proizvodnja i održavanje tenka M1A2 SEPv3 je bazirano u SAD-u čime taj tenk dobiva i najlošije ocjene.

Sljedeće se gledaju potrebni izračuni alternativa s obzirom na potkriterije kriterija zapovijedanja i upravljanja. Prvi potkriterij jest situacijska svijest. Potrebni izračuni za isti se nalaze u tablici (Tablica 41).

Tablica 41. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na situacijsku svijest

Situacijska svijest	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	3	2	0,5247
K2 Black Panther	1/2	1	1/3	0,1416
M1A2 SEPv3	1/2	3	1	0,3338
Omjer konzistencije				0,05

Teže je zapovjedniku razviti i održavati razvijenu situacijsku svijest ako se mora brinuti o dodatnim sustavima kao što je popuna topa. Iz tog razloga tenk K2 Black Panther ima najniže ocjene. S druge strane Leopard 2A8 ipak ima slabu prednost pred M1A2 zbog novijeg datuma

proizvodnje što podrazumijeva da su sustavi upravljanja bojišnicom novijeg datuma i time napredniji.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij komunikacije jesu dani u tablici (Tablica 42).

Tablica 42. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na komunikaciju

Komunikacija	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	1/2	2	0,2973
K2 Black Panther	2	1	3	0,5390
M1A2 SEPv3	1/2	1/3	1	0,1638
Omjer konzistencije				0,01

Budući da izvor [94] navodi korištenje sustave prilagođene mrežno-centričnom ratovanju u južnokorejskom tenku, isti dobiva i najviše ocjene. Dok s druge strane, američki tenk ima najmanje javno objavljenih informacija koje hvale njegove komunikacijske sustave. Jasno je da bi se u stvarnoj situaciji ovo područje moralo detaljnije analizirati kroz razne eksperimente.

Potrebni izračuni za alternative s obzirom na potkriterij ergonomije jesu dani u tablici (Tablica 43).

Tablica 43. Usporedba u parovima, težine i omjer konzistencije alternativa s obzirom na ergonomiju

Ergonomija	Leopard 2A8	K2 Black Panther	M1A2 SEPv3	Težine
Leopard 2A8	1	3	2	0,5390
K2 Black Panther	1/3	1	1/2	0,1638
M1A2 SEPv3	1/2	2	1	0,2973
Omjer konzistencije				0,01

Naposljetku, prilikom razmatranja ergonomije zbog same činjenice da K2 Black Panther ima tri člana, on dobiva najniže ocjene jer to u konačnici stavlja veće kognitivno, ali i fizičko opterećenje na posadu u odnosu na tenkove s četveročlanom posadom. Leopard 2A8 ima blagu prednost pred M1A2 SEPv3 iz razloga što su upravo i sitnice te koje donose razliku. Raspored članova posade u tenku je drugačiji i lakše se kretati s jedno na drugo mjesto u Leopardu 2A8 u usporedbi s M1A2

SEPV3 jer je vozač u M1A2 SEPV3 točno na sredini dok je u Leopardu 2A8 na desnoj strani šasije, odmah ispod ciljačevog mjesta.

4.4.8. Skupni prikaz usporedbi

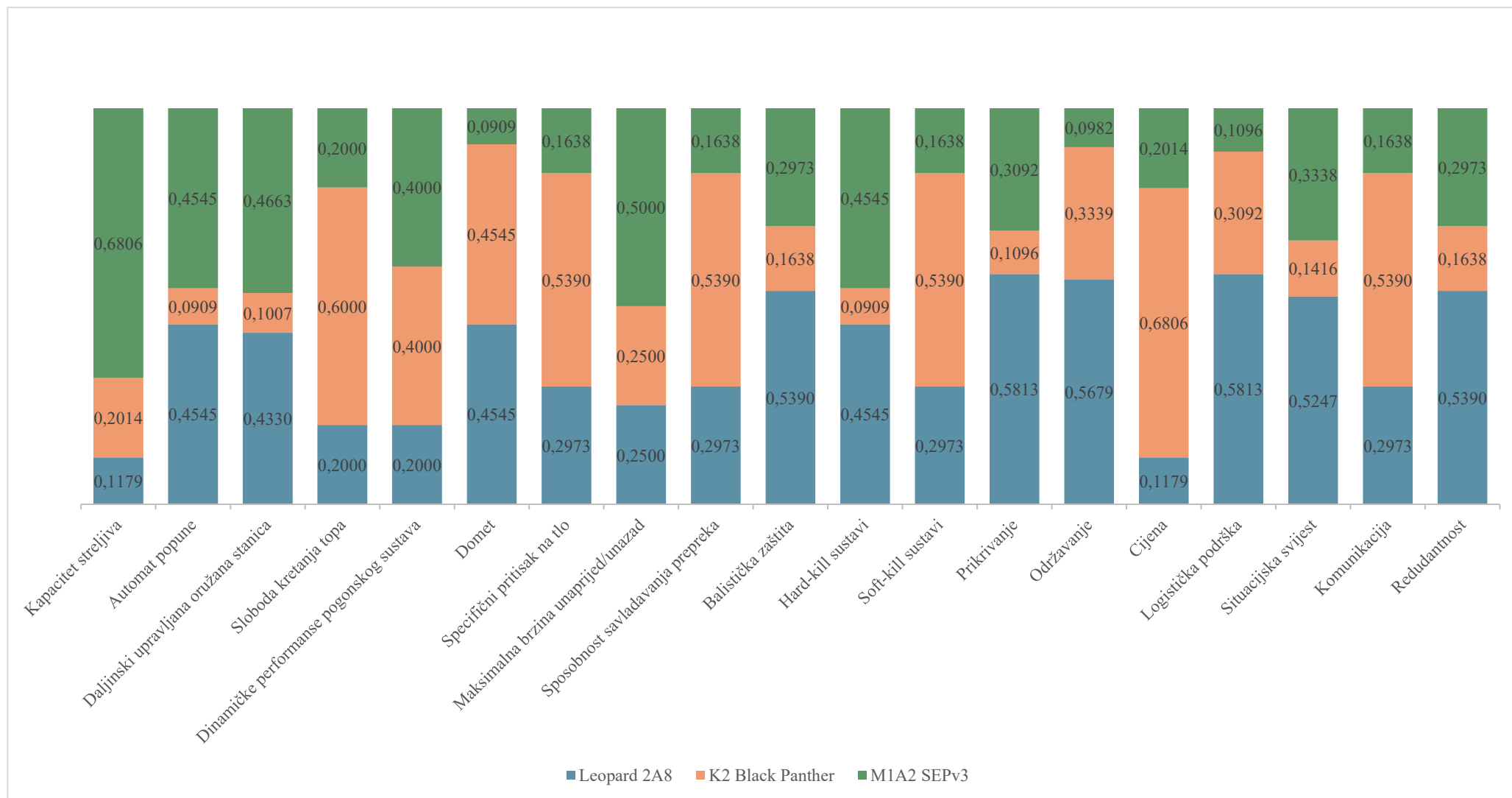
Nakon svih provedenih usporedbi preostaje napraviti izračun prioriteta alternativa tako da se zbroje umnošci lokalnih prioriteta alternativa po listovima pomnoženi s težinama svih nadređenih kriterija.

Potrebni izračuni prioriteta alternativa su prikazani u tablici (Tablica 44).

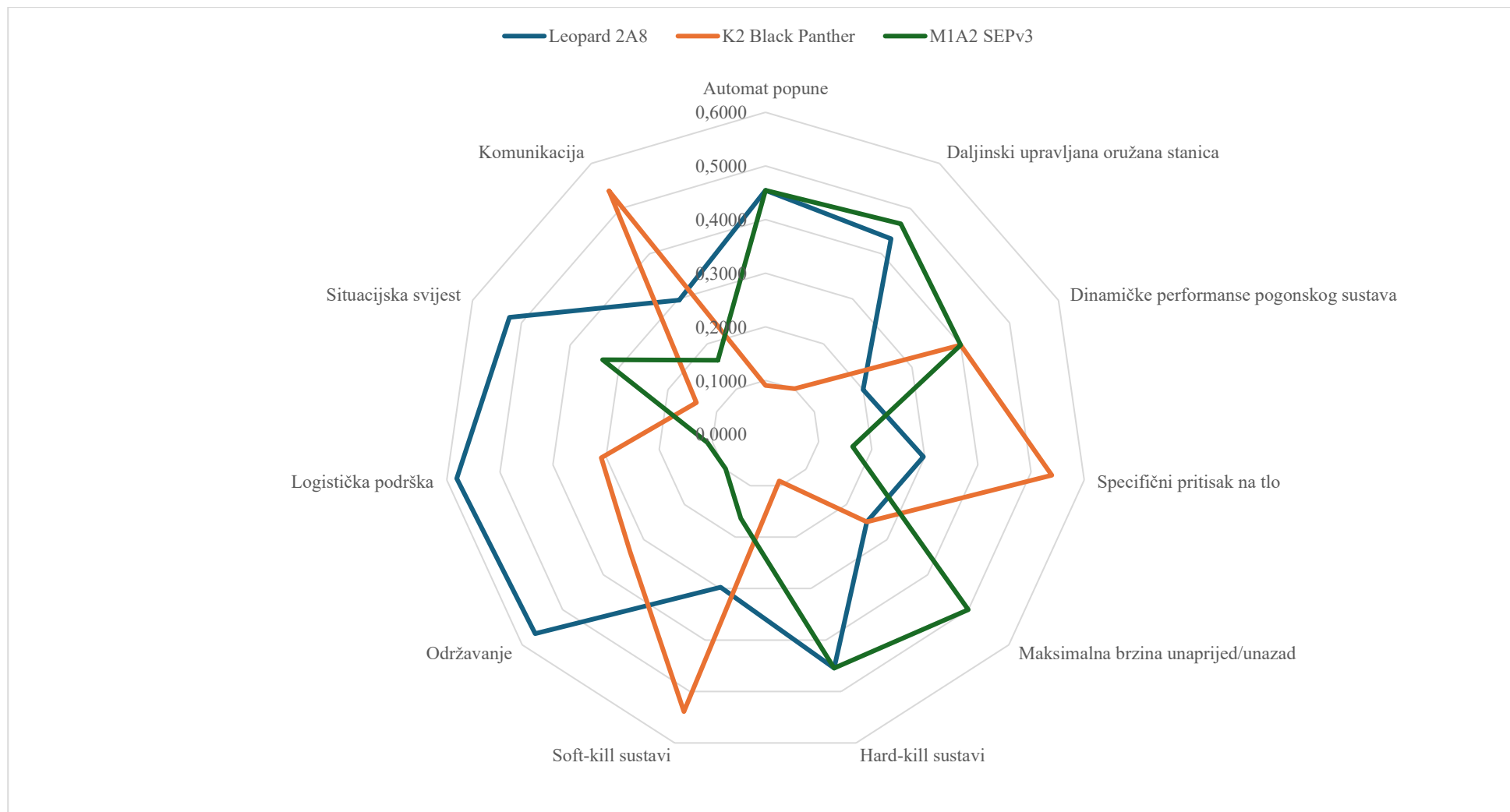
Tablica 44. Izračun prioriteta alternativa

	Vatrena moć				Manevar					Zaštita				Podrška			Zapovijedanje i upravljanje		
	0,0616				0,1096					0,0440				0,3945			0,3902		
	Kapacitet streljiva	Automat popune	Daljinski upravljana oružana stanica	Sloboda kretanja topa	Dinamičke performanse pogonskog sustava	Domet	Specifični pritisak na tlo	Maksimalna brzina unaprijed/unazad	Sposobnost savladavanja prepreka	Balistička zaštita	Hard-kill sustavi	Soft-kill sustavi	Prikrivanja	Održavanje	Cijena	Logistička podrška	Situacijska svijest	Komunikacija	Ergonomija
	0,1088	0,4540	0,3242	0,1130	0,1500	0,1482	0,3895	0,2332	0,0790	0,1406	0,3479	0,3479	0,1636	0,4663	0,1007	0,4330	0,4160	0,4577	0,1263
Leopard 2A8	0,1179	0,4545	0,4330	0,2000	0,2000	0,4545	0,2973	0,2500	0,2973	0,5390	0,4545	0,2973	0,5813	0,5679	0,1179	0,5813	0,5247	0,2973	0,5390
K2 Black Panther	0,2014	0,0909	0,1007	0,6000	0,4000	0,4545	0,5390	0,2500	0,5390	0,1638	0,0909	0,5390	0,1096	0,3339	0,6806	0,3092	0,1416	0,5390	0,1638
M1A2 SEPv3	0,6806	0,4545	0,4663	0,2000	0,4000	0,0909	0,1638	0,5000	0,1638	0,2973	0,4545	0,1638	0,3092	0,0982	0,2014	0,1096	0,3338	0,1638	0,2973
Leopard 2A8	0,4482																		
K2 Black Panther	0,3382																		
M1A2 SEPv3	0,2136																		

Kao što je vidljivo u tablici (Tablica 44), njemački tenk Leopard 2A8 dobiva prvo mjesto iza kojeg slijedi južnokorejski tenk K2 Black Panther, a posljednje mjesto dobiva američki tenk M1A2 SEPv3. Bitno je napomenuti kako je u kriterijima koje nose najviše težine – podrška i zapovijedanje i upravljanje, upravo njemački tenk Leopard 2A8 bio je više puta najviše rangiran. Konačne vrijednosti za alternative su se dobile na temelju formula (3.1.9.), (3.1.10.) i (3.1.11.). Grafički prikaz dobivenih rezultata je prikazan na slici (Slika 32). Na slici (Slika 33) je prikazan dijagram paukove mreže za ocjenjivanje alternativa po određenim potkriterijima (2 do 3 najbitnija potkriterija po kriteriju). Iz dijagrama paukove mreže se može vizualno vidjeti kako je koja alternativa ocijenjena po nekim važnijim potkriterijima i time se vizualno može vidjeti gdje neka alternativa zaostaje.



Slika 32. Grafički prikaz ocjenjivanja alternativa po potkriterijima



Slika 33. Dijagram paukova mreža za rangiranje alternativa po odabranim potkriterijima

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje je potvrdilo primjenjivost AHP metode i na problem nabave novog glavnog borbenog tenka. Vrijednost razvijene metode se očituje u tome što se ne mora koristiti nužno samo za nabavu novog glavnog borbenog tenka, već se može koristiti za nabavu bilo kojeg drugog sredstva za potrebe vojske.

Najbolje ocijenjena alternativa, Leopard 2A8, se podudara i sa stvarnom odlukom Vlade Republike Hrvatske što potvrđuje primjenjivost same metode i na složene probleme odlučivanja na strateškim razinama.

Primjenom ovog modela je uočeno da je presudni element za ocjenjivanje jedne alternative upravo logistička podrška gdje su se alternative i najviše razlikovale. Ova činjenica potvrđuje tvrdnju da je borbena ispravnost u operativnom korištenju važnija od samih taktičko-tehničkih specifikacija.

Istraživanje je također pokazalo kako se nabava nove opreme ne smije promatrati izolirano, već se ona treba promatrati u širem kontekstu. Taj kontekst podrazumijeva uvažavanje visokog eng. *tooth to tail* omjera, tj. omjera borbenog („*tooth*“) i neborbenog („*tail*“) osoblja, [95] te druge faktore među kojima su: doktrina, organizacija, obuka, oprema, vodstvo, obrazovanje, osoblje i infrastruktura. Ujednačenost navedenih faktora dobiva ratove, a ne sama činjenica da vojska jedne države ima veći broj opreme, pa bila i ona tehnološki naprednija, od vojske druge države.

Rezultat primjene ove metode vrijedi u okviru koji ne uključuje eksperimentalna istraživanja te za koje su potkriteriji načelno definirani. Daljnja istraživanja bi kroz uključivanje eksperimentalnih istraživanja (usp. [96]) te preciznije definiranje potkriterija povećala samu vjerodostojnost i preciznost rezultata.

6. BIBLIOGRAFIJA

- [1] Army Recognition, »Leopard 2A8,« Army Recognition, 30. srpnja 2025. [Mrežno]. Available: <https://armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/leopard-2a8-mbt-main-battle-tank-technical-data>. [Pristupljeno 14. kolovoza 2025].
- [2] B. Kast, »Tanks are obsolete, apparently since 1919,« YouTube, 12. travnja 2022. [Mrežno]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=QPth_xqBXGY. [Pristupljeno 2. srpnja 2025].
- [3] M. Majumder, *Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations*, Singapore: Springer Verlag, 2015.
- [4] R. Saborido, A. B. Ruiz, J. D. Bermúdez, E. Vercher i M. Luque, »Evolutionary multi-objective optimization algorithms for fuzzy portfolio selection,« *Applied Soft Computing*, svez. 39, pp. 48-63, 2016.
- [5] R. Sadiq i S. Tesfamariam, »Multi-criteria decisionmaking (MCDM) using intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process (IF-AHP),« *Stochastic Environmental Research*, svez. 23, br. 1, pp. 75-91, 2009.
- [6] N. Bhushan i K. Rai, *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*, Berlin: Springer, 2004.
- [7] J. S. Dodgson, M. Spackman, A. Pearman i L. D. Phillips, *Multi-criteria analysis: a manual*, London: Department for Communities and Local Government, 2009.
- [8] S. K. Sahoo i S. S. Goswami, »A Comprehensive Review of Multiple Criteria Decision-Making,« *Decision Making Advances*, svez. 1, br. 1, pp. 25-48, 2023.
- [9] D. Lesičak, *Primjena metode analitički hijerarhijski proces u socijalnom poduzetništvu*, Varaždin: Fakultet organizacije i informatike, 2020.
- [10] B. Hiller, *Proces donošenja odluka pomoću PROMETHEE*, Osijek: Ekonomski fakultet u Osijeku, 2021.
- [11] N. Bonić, I. Brkić i I. Domljan, »Odabir najpovoljnije lokacije parkirališta korištenjem višekriterijskog odlučivanja,« *e-Zbornik, elektronički zbornik radova Građevinskog fakulteta*, svez. 7, br. 14, pp. 101-116, 2017.
- [12] J. Klanac, »Primjena AHP i PROMETHEE metode na problem diverzifikacije,« *Oeconomica Jadertina*, svez. 3, br. 2, pp. 52-70, 2013.
- [13] A. Göleç, F. Gürbüz i E. Şenyiğit, »Determination of best military cargo aircraft with multicriteria decision-making techniques,« *MANAS Journal of Social Studies*, svez. 5, br. 5, 2016.
- [14] H. E. Ashari i M. Parsaei, »Application of the multi-criteria decision method ELECTRE III for the weapon selection,« *Decision Science Letters*, svez. 3, pp. 511-522, 2014.
- [15] G. Kabir, R. Sadiq i S. Tesfamariam, »A review of multi-criteria decision-making methods for,« *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle*, svez. 10, br. 9, pp. 1176-1210, 2014.
- [16] M. F. Karaburun i K. Alaykiran, »Weapon selection problem with AHP and TOPSIS methods in multi criteria decision making,« *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, svez. 5, br. 5, pp. 48-52, 2018.

- [17] N. Kadoić, *Nova metoda za analizu složenih problema odlučivanja temeljena na analitičkom mrežnom procesu i analizi društvenih mreža*, Zagreb: Fakultet organizacije i informatike, 2018.
- [18] M. Dragičević, »Metoda analitičko hijerarhijskog procesa u funkciji povećanja kvalitete strateškog marketinškog planiranja,« *Poslovna izvrsnost*, svez. 1, br. 1, pp. 117-137, 2007.
- [19] M. Benković, D. Keček i D. Munđar, »Matematičke osnove AHP metode odlučivanja,« *Math.e*, svez. 28, br. 1, pp. 1-11, 2015.
- [20] T. L. Saaty, »Decision making with the analytic hierarchy process,« *Int. J. Services*, svez. 1, br. 1, pp. 83-98, 2008.
- [21] F. D. Felice i A. Petrillo, *Analytic Hierarchy Process - Models, Methods, Concepts and Applications*, London: IntechOpen, 2023.
- [22] S. M. d. N. Maêda, I. P. d. A. Costa, M. A. d. P. Castro Junior, L. P. Fávero, A. P. d. A. Costa, J. V. d. P. Corriça, C. F. S. Gomes i M. d. Santos, »multi-criteria analysis applied to aircraft selection by Brazilian Navy,« *Production*, 2021.
- [23] Á. Czibik, M. Fazekas, A. H. Sanchez i J. Wachs, »Government Transparency Institute,« EU, ožujak 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.govtransparency.eu/wp-content/uploads/2020/12/State-Capture-Policy-2020.pdf>. [Pristupljeno 26. svibnja 2025].
- [24] L. Knežević, »Nabava VBA: prezentacija brigadira Tretinjaka,« *Obrana i sigurnost*, 29. ožujka 2018. [Mrežno]. Available: <https://obris.org/hrvatska/nabava-vba-prezentacija-brigadira-tretinjaka/>. [Pristupljeno 26. svibnja 2025].
- [25] J. Moon i S. Kang, »An Integrated DEA-AHP Model for the Acquisition of a Weapon System: Selection of a Next-Generation Fighter System in Korea,« *Journal of information and communication convergence engineering*, svez. 13, br. 2, pp. 97-104, 2015.
- [26] J. M. Sánchez-Lozano i O. Naranjo Rodríguez, »Application of Fuzzy Reference Ideal Method (FRIM) to the military advanced training aircraft selection,« *Applied Soft Computing Journal*, svez. 88, p. 106061, 2020.
- [27] H. v. s. »Sporazum o subregionalnoj kontroli naoružanja,« 14. lipnja 1996. [Mrežno]. Available: https://www.morh.hr/wp-content/uploads/2017/10/80_sporazum_kontrola_oruzj.pdf. [Pristupljeno 8. srpnja 2025].
- [28] C. A. Buzzard, T. M. Feltey, J. M. Nimmons, A. T. Schwartz i R. S. Cameron, »The Tank is Dead ... Long Live the Tank,« Army University Press, kolovoz 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Military-Review/Online-Exclusive/2023-OLE/The-Tank-is-Dead/>. [Pristupljeno 2. srpnja 2025].
- [29] V. R. H. »Godišnje izvješće o obrani za 2024. godinu,« Hrvatski sabor, Zagreb, 2025.
- [30] L. Knežević, »Potpisan ugovor, prvi Leopardi stižu 2028.,« *Obris*, 10. prosinca 2025. [Mrežno]. Available: <https://obris.org/hrvatska/potpisan-ugovor-prvi-leopardi-stizu-2028/>. [Pristupljeno 17. prosinca 2025].
- [31] MORH, »Ministar Anušić na NATO summitu: Hrvatska je spremna dostići 5 posto za obranu,« MORH, 24. lipnja 2025. [Mrežno]. Available: <https://morh.gov.hr/ministar-anusic-na-nato-summitu-hrvatska-je-spremna-dostici-5-posto-za-obranu/13677>. [Pristupljeno 2. srpnja 2025].
- [32] OSRH, »O nama,« OSRH, [Mrežno]. Available: <http://www.osrh.hr/>. [Pristupljeno 4. srpnja 2025].
- [33] S. s. z. n. o. Tenk M-84 Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, Beograd: Vojna štamparija, 1988.

- [34] Đ. Đ. S. v. »Osnovni borbeni tenk M-84,« Đuro Đaković, [Mrežno]. Available: <https://duro-dakovic.com/duro-dakovic-specijalna-vozila/obrambena-vozila/oklopna-borbena-vozila/osnovni-borbeni-tenk-m-84/>. [Pristupljeno 4. srpnja 2025].
- [35] Trifko, »Tenk M-84,« Paluba, 10. studenog 2025. [Mrežno]. Available: <https://www.paluba.info/smf/index.php?topic=1473.2280>. [Pristupljeno 26. studenog 2025].
- [36] Army Recognition, »M-84 MBT,« Army Recognition, 23. studenog 2025. [Mrežno]. Available: <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/m-84-main-battle-tank-technical-data-fact-sheet>. [Pristupljeno 26. studenog 2025].
- [37] R. Effect, »Problems With the Russian T-90M tank!,« YouTube, 9. prosinca 2022. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=acyAsUOjpYM>. [Pristupljeno 7. srpnja 2025].
- [38] T. T. Museum, »Inside T-72: A Commander's Perspective | Tank Chats Reloaded,« YouTube, 31. srpnja 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=4XjFKVyXzls>. [Pristupljeno 7. srpnja 2025].
- [39] »Serbian M-84, Battle of Vukovar, 1991.,« Reddit, 2021. [Mrežno]. Available: https://www.reddit.com/r/TankPorn/comments/r91xql/serbian_m84_battle_of_vukovar_1991/#lightbox. [Pristupljeno 7. srpnja 2025].
- [40] G. s. OSRH, ZDP-P: Rječnik pojmova i definicija, Zagreb: Glavni stožer Oružanih snaga Republike Hrvatske, 2020.
- [41] NATO, AJP-3.2 Allied Joint Doctrine for Land Operations, NATO Standardization Office, 2022.
- [42] T. R. Ryan Jr., »Warfighting: A Function of Combat Power,« Army University Press, rujan-listopad 2022. [Mrežno]. Available: <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/English/SO-22/Ryan/Ryan-2022-UA-v1.pdf>. [Pristupljeno 8. srpnja 2025].
- [43] T. Kovačić, Operacija Una Igra karata i magla rata na Uni i Savi u rujnu 1995. godine, Zagreb: Despot Infinitus, 2024.
- [44] F. W. Kagan, K. Kagan, M. Clark, K. Hird, N. Bugayova, K. Stepanenko, R. Bailey i G. Barros, »Ukraine and the Problem of Restoring Maneuver in Contemporary War,« Institute for the Study of War, Washington, 2024.
- [45] G. E. Morrow, C. Lowe i E. H. Birdseye, »Lessons Learned M1 Abrams Tank System,« Department of Research and Information, Fort Belvoir, 1982.
- [46] A. Vershinin, »The Attritional Art of War: Lessons from the Russian War on Ukraine,« The Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, 18. ožujka 2024. [Mrežno]. Available: <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/attritional-art-war-lessons-russian-war-ukraine>. [Pristupljeno 25. srpnja 2025].
- [47] M. Galić, »Tenk K2 – neočekivan uspjeh crne pantere,« Hrvatski vojnik, 17. veljače 2023. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/tenk-k2-neocekivan-uspjeh-crne-pantere/>. [Pristupljeno 25. srpnja 2025].
- [48] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »Hrvatska,« Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, 2013.-2025. [Mrežno]. Available: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/hrvatska-drzava#poglavlje8>. [Pristupljeno 8. studenog 2025].

- [49] H. g. d. »Geomorfološka obilježja Republike Hrvatske,« [Mrežno]. Available: <https://hgmd.geog.pmf.hr/index.php/geomorfologija/geomorfoloska-obiljezja-republike-hrvatske/>. [Pristupljeno 8. kolovoza 2025].
- [50] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »Razmještaj i sastav stanovništva,« Croatia, [Mrežno]. Available: <https://croatia.eu/index.php/hr/home-hr/zemljopis-stanovnistvo/razmjestaj-i-sastav-stanovnistva>. [Pristupljeno 8. studenog 2025].
- [51] Urbanex d.o.o., »Model projiciranja mogućnosti novoizgrađenog broja stambenih jedinica na razini jedinica lokalne samouprave Republike Hrvatske,« Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine, Zagreb, 2024.
- [52] D. Šneler, B. Crkvenčić i P. Fijačko, »Povezivanje statističkih podataka Popisa stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj 2021. godine s populacijskom mrežom od 1 000 m,« Državni zavod za statistiku, Zagreb, 2024.
- [53] M. Karačić, »Abeceda potpunog oslobađanja juga hrvatske i deblokade Dubrovnika,« Hrvatski vojnik, 28. listopada 2021. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/abeceda-potpunog-oslobadanja-juga-hrvatske-i-deblokade-dubrovnika/>. [Pristupljeno 5. kolovoza 2025].
- [54] M. Karačić, »Abeceda VRO Maslenica,« Hrvatski vojnik, 11. siječnja 2021. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/abeceda-vro-maslenica/>. [Pristupljeno 5. kolovoza 2025].
- [55] M. Karačić, »Abeceda operacije Medački džep,« Hrvatski vojnik, 6. rujna 2021. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/abeceda-operacije-medacki-dzep/>. [Pristupljeno 5. kolovoza 2025].
- [56] M. Karačić, »Abeceda akcije Skok 1 na Dinari,« Hrvatski vojnik, 16. travnja 2021. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/abeceda-akcije-skok-1-na-dinari/>. [Pristupljeno 5. kolovoza 2025].
- [57] L. Novaković, »Josip Šimunko: “Klizeci“ napad tenkova s Dinare bio je potpuno iznenađenje,« Hrvatski vojnik, 5. kolovoza 2021. [Mrežno]. Available: <https://www.mnovine.hr/naslovnica/josip-simunko-klizeci-napad-tenkova-s-dinare-bio-je-potpuno-iznenadenje/>. [Pristupljeno 5. kolovoza 2025].
- [58] E. Perov, »Average specific ground pressure is an indicator that shows little,« Top War, 12. studenog 2024. [Mrežno]. Available: <https://en.topwar.ru/253366-srednee-udelnoe-davlenie-na-grunt-pokazatel-kotoryj-malo-chego-pokazyvaet.html>. [Pristupljeno 5. kolovoza 2025].
- [59] D. Hambling, »Why Do Russian Tanks Explode Violently When Hit?,« Forbes, 4. travnja 2022. [Mrežno]. Available: https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2022/04/01/why-do-russian-tanks-explode-violently-when-hit/?utm_source=chatgpt.com. [Pristupljeno 8. kolovoza 2025].
- [60] A. B. Shivane, »The Changing Art of Survivability,« Raksha Anirveda, 17. travnja 2024. [Mrežno]. Available: <https://raksha-anirveda.com/the-changing-art-of-survivability/>. [Pristupljeno 8. kolovoza 2025].
- [61] N. Nagy, »New method for the calculation of a quality indicator for the combat effectiveness of main battle tanks,« Ludovika - University of Public Service Doctoral School of Military Science, Budapest, 2023.
- [62] V. Slaver, »Aktivni sustavi zaštite oklopnih vozila,« Hrvatski vojnik, 17. veljače 2022. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/aktivni-sustavi-zastite-oklopnih-vozila/>. [Pristupljeno 8. kolovoza 2025].

- [63] S. E. Dean, »Active protection systems: an overview,« *European Security & Defence*, 23. siječnja 2024. [Mrežno]. Available: <https://euro-sd.com/2024/01/articles/36065/active-protection-systems-an-overview/>. [Pristupljeno 8. kolovoza 2025].
- [64] M. Erbel i C. Kinsey, »Think Again – Supplying War: Reappraising,« *Journal of Strategic Studies*, svez. 41, br. 4, pp. 519-544, 2018.
- [65] quoteresearch, »Quote Origin: An Army Marches On Its Stomach,« *Quote Investigator*, 15. listopada 2017. [Mrežno]. Available: <https://quoteinvestigator.com/2017/10/15/army/>. [Pristupljeno 9. kolovoza 2025].
- [66] M. N. Dodge i R. F. McKelvey, »Why the Survivability Onion Should Include Reliability, Availability and Maintainability (RAM),« *Naval Postgraduate School, Monterey*, 2023.
- [67] D. Barraza-Barraza, J. Limón–Robles i M. G. Beruvides, »Maintenance-related costs in maintenance management,« *ASEM 2104 International Annual Conference, Virginia Beach*, 2014.
- [68] Perun, »Polish military modernisation & why are they buying Korean tanks?,« *YouTube*, 27. studenog 2022. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=yrbaAKZfjwg>. [Pristupljeno 9. kolovoza 2025].
- [69] M. Werhas, »Vođenje i ustroj trupnih stožera Njemačke kopnene vojske u Drugom svjetskom ratu,« *Polemos*, svez. XI, br. 21, pp. 71-90, 2008.
- [70] Military History not Visualized, »Panzer IV vs. S-35 Somua - Comparison in 1940,« *YouTube*, 21. prosinca 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=XKC4UcW7Tgc>. [Pristupljeno 12. kolovoza 2025].
- [71] Military History not Visualized, »Tank Ergonomics: Soviet vs US,« *YouTube*, 20. rujna 2024. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=dRo6ZJJAoIM&list=WL&index=40>. [Pristupljeno 14. kolovoza 2025].
- [72] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »Ergonomija,« *Hrvatska enciklopedija*, mrežno izdanje, 2013.-2025. [Mrežno]. Available: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/ergonomija>. [Pristupljeno 15. kolovoza 2025].
- [73] M. Mao, F. Xie, J.-j. Hu i B. Su, »Analysis of workload of tank crew under the conditions of informatization,« *Defence Technology*, svez. 10, pp. 17-21, 2014.
- [74] G. Jasiński, »Acquisition and introduction of Leopard 2A4 and 2A5 tanks for and into service in the Polish Armed Forces,« *SJMULF*, svez. 206, br. 4, pp. 494-507, 2022.
- [75] Ž. Jurasek, »Porodica tenkova Leopard 2,« *Hrvatski vojnik*, prosinac 2003. [Mrežno]. Available: <https://web.archive.org/web/20110717000124/http://www.hrvatski-vojn timer.hr/hrvatski-vojn timer/1022003/leopard.asp>. [Pristupljeno 19. kolovoza 2025].
- [76] Army Recognition, »Leopard 2A7,« *Army Recognition*, 21. studenog 2025. [Mrežno]. Available: <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/leopard-2a7-mbt-main-battle-tank-technical-data-pictures-video>. [Pristupljeno 26. studenog 2025].
- [77] NightmanComethhhh, »Leopard 2,« *Reddit*, 6. svibnja 2018. [Mrežno]. Available: https://www.reddit.com/r/TankPorn/comments/8hent2/leopard_2/. [Pristupljeno 26. studenog 2025].
- [78] M. Galić, »Leopard – tenk sadašnjosti i budućnosti,« *Hrvatski vojnik*, 7. studenog 2024. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/leopard-tenk-sadasnjosti-i-buducnosti/>. [Pristupljeno 19. kolovoza 2025].

- [79] Papertowelee, »Why haven't military's try to add active protective system like trophy on jets and stuff like that?,« Reddit, 29. prosinca 2022. [Mrežno]. Available: https://www.reddit.com/r/aviation/comments/zxu5op/why_havent_militarys_try_to_add_active_protective/. [Pristupljeno 10. prosinca 2025].
- [80] Army Recognition, »K2 Black Panther,« Army Recognition, 16. kolovoza 2025. [Mrežno]. Available: <https://armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/k2-black-panther-main-battle-tank-hyundai-rotem-technical-data-sheet-description-information-identification-intelligence-pictures-photos-images-video-south-korea-korean>. [Pristupljeno 20. kolovoza 2025].
- [81] J. Palowski, »Crne pantere osvojile oklopnu Poljsku,« Defence 24, 18. travnja 2025. [Mrežno]. Available: <https://defence24.pl/sily-zbrojne/czarne-pantery-zdobywaja-pancerna-polske>. [Pristupljeno 20. kolovoza 2025].
- [82] Army Recognition, »M1A2 Abrams Sep V3 M1A2C,« Army Recognition, 17. kolovoza 2025. [Mrežno]. Available: <https://armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/m1a2-sep-v3-main-battle-tank-technical-data-sheet-specifications-pictures-video-11710154#details>. [Pristupljeno 20. kolovoza 2025].
- [83] Army Recognition, »M1A2,« Army Recognition, 21. studenog 2025. [Mrežno]. Available: <https://www.armyrecognition.com/military-products/army/main-battle-tanks/main-battle-tanks/m1a2-abrams-main-battle-tank>. [Pristupljeno 26. studenog 2025].
- [84] Vita Art Studio, »M1A1 abrams -generalized interior view,« Pinterest, [Mrežno]. Available: <https://www.pinterest.com/pin/753508581376709045/>. [Pristupljeno 26. studenog 2025].
- [85] R. Kurz, K. Brun, J. Moore, C. Meher-Homji i F. Gonzalez, »Gas Turbine Performance and Maintenance,« 1.-3. listopada 2013. [Mrežno]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/87264445.pdf#:~:text=Maintaining%20inlet%20air%2C%20fuel%2C%20and%20lube%20oil%20quality>. [Pristupljeno 6. rujna 2025].
- [86] D. Vuković, »Plinsko-turbinski pogon kopnenih vojnih vozila,« Hrvatski vojnik, 4. veljače 2005. [Mrežno]. Available: <https://hrvatski-vojn timer.hr/plinsko-turbinski-pogon-kopnenih-vojnih-vozila/>. [Pristupljeno 6. rujna 2025].
- [87] Turbo train, »Merits and demerits of gas turbines,« Turbo train, [Mrežno]. Available: <https://turbotrain.net/en/merit.htm>. [Pristupljeno 6. rujna 2025].
- [88] That1RaginCajun, »Leopard 2A8,« Reddit, 29. rujna 2024. [Mrežno]. Available: https://www.reddit.com/r/TankPorn/comments/1frx82j/leopard_2a8/. [Pristupljeno 6. rujna 2025].
- [89] R. A. D. S. Ltd., »Trophy® APS - The land maneuver enabler,« YouTube, 8. listopada 2024. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=2L9ys82cYKI>. [Pristupljeno 6. rujna 2025].
- [90] P. Felstead, »MSPO 2025: Rafael and Hyundai Rotem team to integrate Trophy APS onto the K2 MBT,« European Security & Defence, 5. rujna 2025. [Mrežno]. Available: <https://euro-sd.com/2025/09/major-news/46422/rafael-hyundai-trophy-accord/#:~:text=Hyundai%20Rotem%20announced%20that%20it%20will%20integrate,w ill%20be%20equipped%20with%20such%20a%20system..> [Pristupljeno 6. rujna 2025].
- [91] B. Nikolov, »Leopard 2A8 tank price hits \$30M – equivalent to a used F-16,« Bulgarian Military, 18. veljače 2025. [Mrežno]. Available: <https://bulgarianmilitary.com/2025/02/18/leopard-2a8-tank-price-hits-30m-equivalent-to-a-used-f-16/>. [Pristupljeno 18. listopada 2025].

- [92] »US approves sale of 50 next-gen M1A2 SEPv3 Abrams tanks to Bahrain,« Army Recognition, 20. ožujka 2025. [Mrežno]. Available: <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-land-defense/land-defense-2024/us-approves-sale-of-50-next-gen-m1a2-sepv3-abrams-tanks-to-bahrain>. [Pristupljeno 18. listopada 2025].
- [93] I. Seitz, »K2 Black Panther: The Best Tank on Earth Is Headed to Russia’s Backyard,« National Security Journal, 19. svibnja 2025. [Mrežno]. Available: <https://nationalsecurityjournal.org/k2-black-panther-the-best-tank-on-earth-is-headed-to-russias-backyard/>. [Pristupljeno 18. listopada 2025].
- [94] I. Seitz, »The K2 Black Panther ‘PIP’ Tank Might Be the Best on Earth (Not Made in USA),« National Security Journal, 16. lipnja 2025. [Mrežno]. Available: <https://nationalsecurityjournal.org/the-k2-black-panther-pip-tank-might-be-the-best-on-earth-not-made-in-usa/>. [Pristupljeno 20. listopada 2025].
- [95] J. J. McGrath, »The Other End of the Spear: The Tooth-to-Tail Ratio (T3R) in Modern Military Operations,« Combat Studies Institute Press, Fort Leavenworth, KS, USA, 2007.
- [96] Government of Norway, »Norway strengthens the Armed Forces through purchase of new tanks,« Government of Norway, 3. ožujka 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.regjeringen.no/en/whats-new/norway-strengthens-the-armed-forces-through-purchase-of-new-tanks/id2961879/>. [Pristupljeno 27. studenog 2025].

7. ŽIVOTOPIS

Josip Lukinac je rođen u Zagrebu 1998. godine. U Zagrebu je završio XV. prirodoslovnu-matematičku gimnaziju. Godine 2022. završava diplomski studij vojnog inženjerstva na Hrvatskom vojnom učilištu dr. Franjo Tuđman te biva primljen u djelatnu vojnu službu u Hrvatskoj vojsci sa činom poručnika roda oklopništva. Trenutno živi u gradu Đakovu gdje je ujedno i mjesto njegove službe.

8. ŽIVOTOPIS NA ENGLISKOM JEZIKU

Josip Lukinac was born in Zagreb in 1998. He graduated from XV. Gymnasium (Science and Mathematics High School) in Zagreb. In 2022, he completed his master's degree in military engineering at the Croatian Military Academy 'Dr. Franjo Tuđman' and was commissioned into active military service in the Croatian Army with the rank of Lieutenant in the Armored Corps. He currently resides in the city of Đakovo, which is also his duty station.