

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

Vladimir Ž. Malčić

**MODELIRANJE STRUKTURE NAKNADA ZA
KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE ZA
MALE ŽELEZNIČKE MREŽE**

Doktorska disertacija

Beograd, 2026.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC ENGINEERING

Vladimir Ž. Malčić

**MODELING THE STRUCTURE OF TRACK ACCESS
CHARGES FOR SMALL RAILWAY NETWORKS**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2026

UNIVERZITET U BEOGRADU
SAOBRAĆAJNI FAKULTET

**MODELIRANJE STRUKTURE NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE
INFRASTRUKTURE ZA MALE ŽELEZNIČKE MREŽE**

doktorska disertacija

Vladimir Ž. Malčić

Mentor:

dr Branislav Bošković, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Članovi komisije:

dr Nebojša Bojović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

dr Ivan Belošević, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

dr Željko Stević, vanredni profesor,
Univerzitet u Istočnom Sarajevu,
Saobraćajni fakultet Doboj

Datum odbrane: _____

MODELIRANJE STRUKTURE NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE ZA MALE ŽELEZNIČKE MREŽE

Sažetak

Mali železnički sistemi u Evropi primenjuju regulatorni okvir naknada za korišćenje infrastrukture razvijen za velike sisteme, bez metodološke osnove prilagođene malim. Dosadašnja istraživanja nisu sistematski obuhvatila ovu grupu železnica. Cilj disertacije je razvoj opšteg modela strukture naknada prilagođenog uslovima malih železnica i usklađen sa zahtevima Direktive 2012/34/EU i Uredbe 2015/909/EU. Primenjene su komparativna analiza Izjava o mreži 11 malih sistema, matematičko modeliranje i metode višekriterijumskog odlučivanja. Kompozitni indeks veličine železničkog sistema (CRSSI), razvijen na uzorku od 33 sistema, korišćen je za klasifikaciju. Za vrednovanje tipova strukture naknade razvijena je metoda R-ALPAS, koja proširuje osnovni ALPAS pristup teorijom grubih brojeva, uz ponderisanje kriterijuma metodom R-SWARA. Komparativnom analizom utvrđeno je 19 elemenata u strukturama naknada, od kojih četiri čine zajedničku osnovu gotovo svih mreža (dužina trase, masa voza, elektrificiranost pruga na trasi i vrsta prevoza, odnosno saobraćaja). Na osnovu osam smernica predložena je aditivna formula naknade za minimalni paket usluga, sa tri komponente koje odgovaraju aspektima korišćenja infrastrukture i pripadajućim troškovnim osnovama. Formula uključuje koeficijente korekcije za vrstu saobraćaja i kvalitet pruge. Izbor aditivne strukture nezavisno je potvrđen ekspertskim vrednovanjem. Primenljivost modela i funkcije formule proverene su proračunima na podacima za Železnice Republike Srpske. Naučni doprinos čine opšti model sa algoritmom primenjivim na različite male mreže, kompozitni indeks veličine železničkog sistema, metoda R-ALPAS i indeks preglednosti formule naknade. Rezultati su primenljivi na železnice pri usklađivanju sa okvirom EU.

Ključne reči: naknada za korišćenje železničke infrastrukture, struktura naknada, mali železnički sistemi, aditivna formula, minimalni paket usluga, kompozitni indeks, višekriterijumsko odlučivanje

Naučna oblast: Saobraćajno inženjerstvo

Uža naučna oblast: Planiranje, modeliranje, eksploatacija, bezbednost i ekološka zaštita u železničkom saobraćaju i transportu

UDK broj:

MODELING THE STRUCTURE OF TRACK ACCESS CHARGES FOR SMALL RAILWAY NETWORKS

Abstract

Small railway systems in Europe operate under a track access charge framework designed for large systems, with no methodology adapted to the constraints of small ones. To date, this group of railways has not been systematically examined in the literature. The dissertation aims to develop a general model of the track access charge structure tailored to small railways and compliant with Directive 2012/34/EU and Regulation 2015/909/EU. The research draws on a comparative analysis of Network Statements from 11 small systems, mathematical modelling, and multi-criteria decision-making methods. The Composite Railway System Size Index (CRSSI), developed on a sample of 33 European railway systems, was used for classification. To evaluate charge structure types, the R-ALPAS method was developed, extending the basic ALPAS approach with rough number theory, with criteria weighted by R-SWARA. Across charge structures, 19 elements were identified, four of which form a near-universal common basis (route length, train mass, electrification, and differentiation by traffic type). Drawing on eight guidelines, an additive charge formula for the minimum access package is proposed, with three components corresponding to aspects of infrastructure use and their associated cost bases. The formula incorporates correction coefficients for traffic type and line quality. The additive structure was independently confirmed through expert evaluation. The applicability of the model and the functioning of the formula were verified using data from the Railways of Republika Srpska. The scientific contributions include the general model with an algorithm applicable to diverse small networks, the Composite Railway System Size Index, the R-ALPAS method, and the charge formula transparency index. The results are applicable to railways aligning with the EU framework.

Key words: Track access charges, charge structure, small railway systems, additive formula, minimum access package, composite index, multi-criteria decision-making

Scientific field: Traffic Engineering

Scientific subfield: Planning, Modelling, Operation, Safety and Environmental Protection in Railway Traffic and Transport

UDC number:

SADRŽAJ

| | |
|--|-----|
| SPISAK SLIKA..... | x |
| SPISAK TABELA..... | xi |
| SPISAK SKRAĆENICA..... | xii |
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Motivacija i značaj istraživanja..... | 1 |
| 1.2. Definicija problema..... | 2 |
| 1.3. Cilj i zadaci istraživanja..... | 4 |
| 1.4. Hipoteze i istraživačka pitanja..... | 5 |
| 1.5. Metodološki okvir istraživanja..... | 6 |
| 1.6. Organizacija i sadržaj disertacije..... | 9 |
| 2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE I ISTRAŽIVANJA..... | 11 |
| 2.1. Regulatorne reforme i razvoj istraživačkog polja..... | 15 |
| 2.2. Istraživanja principa formiranja i troškovnih osnova naknada..... | 17 |
| 2.3. Komparativne studije modela i struktura naknada..... | 20 |
| 2.4. Studije sistema naknada za pojedinačne države..... | 23 |
| 2.5. Istraživanja o naknadama u malim železničkim sistemima..... | 25 |
| 2.6. Sinteza pregleda literature..... | 26 |
| 3. STRUKTURA NAKNADE ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE..... | 28 |
| 3.1. Formulacija i hijerarhija pojmova..... | 28 |
| 3.2. Funkcije naknada za korišćenje železničke infrastrukture..... | 32 |
| 3.3. Regulatorni principi formiranja naknada..... | 34 |
| 3.4. Troškovna osnova formiranja naknada..... | 35 |
| 3.4.1. Direktni troškovi i modaliteti njihovog utvrđivanja..... | 37 |
| 3.4.2. Dodatni instrumenti formiranja naknada..... | 41 |
| 3.5. Tipologija strukture naknada..... | 43 |
| 3.6. Funkcije formule za proračun naknada..... | 45 |
| 3.6.1. Obračunska i signalna uloga formule..... | 47 |
| 3.6.2. Preglednost formule..... | 48 |
| 3.7. Trendovi u razvoju struktura naknada u evropskim železničkim sistemima..... | 49 |
| 4. IDENTIFIKACIJA I KLASIFIKACIJA MALIH ŽELEZNIČKIH SISTEMA..... | 52 |
| 4.1. Resursi nacionalnih železničkih sistema..... | 52 |
| 4.1.1. Veličina mreže kao resurs..... | 53 |
| 4.1.2. Regulatorni kapacitet kao resurs..... | 54 |
| 4.1.3. Ekonomski kapacitet države i železničkog sistema..... | 56 |
| 4.1.4. Obim transporta..... | 58 |
| 4.1.5. Naknade za korišćenje infrastrukture u uslovima ograničenih resursa..... | 59 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.6. Tehnička i administrativna interoperabilnost | 61 |
| 4.1.7. Obaveza javnog prevoza i ugovori o javnoj usluzi..... | 62 |
| 4.2. Metodološki okvir za identifikaciju malih železničkih sistema | 64 |
| 4.2.1. Kompozitni indeksi: pojam i primena..... | 64 |
| 4.2.2. Koncept i naziv indeksa | 66 |
| 4.2.3. Dimenzije i potencijalni indikatori CRSSI | 67 |
| 4.2.4. Izbor i provera indikatora | 68 |
| 4.3. Dimenzionisanje CRSSI | 71 |
| 4.3.1. Uzorak i izvori podataka | 71 |
| 4.3.2. Normalizacija indikatora..... | 72 |
| 4.3.3. Ponderisanje i agregacija | 73 |
| 4.3.4. Rezultati i analiza | 73 |
| 4.4. Klasifikacija i izbor malih železničkih sistema | 75 |
| 4.4.1. Klasifikacija železničkih sistema prema CRSSI | 75 |
| 4.4.2. Izbor sistema za komparativnu analizu..... | 76 |
| 4.4.3. Karakteristike odabranog uzorka..... | 77 |
| 4.5. Ograničenja, robusnost i pravci daljih istraživanja | 78 |
| 5. ANALIZA STRUKTURA NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE KOD MALIH ŽELEZNIČKIH SISTEMA..... | 80 |
| 5.1. Identifikacija i sistematizacija elemenata strukture naknade | 81 |
| 5.2. Preglednost formule za proračun naknada | 89 |
| 5.2.1. Definisane indeksi preglednosti formule za proračun naknade..... | 91 |
| 5.2.2. Analiza vrednosti indeksa preglednosti | 92 |
| 5.3. Komparativna analiza elemenata strukture naknada | 94 |
| 5.3.1. Elementi administrativnih aktivnosti i dodele kapaciteta | 94 |
| 5.3.2. Elementi karakteristika trase..... | 95 |
| 5.3.3. Elementi tehničkih karakteristika voza | 98 |
| 5.3.4. Elementi segmentacije tržišta | 100 |
| 5.3.5. Posebni elementi | 101 |
| 5.4. Analiza komponenti strukture naknade za minimalni paket usluga | 104 |
| 5.4.1. Struktura naknade u teretnom saobraćaju..... | 105 |
| 5.4.2. Struktura naknade za putnički saobraćaj..... | 110 |
| 5.5. Sinteza analize i smernice za modeliranje strukture naknade | 114 |
| 6. OPŠTI MODEL STRUKTURE NAKNADE ZA MALE ŽELEZNIČKE SISTEME | 118 |
| 6.1. Osnova modela | 118 |
| 6.2. Izbor tipa formule..... | 121 |
| 6.3. Algoritam i matematička formulacija modela | 121 |
| 6.3.1. Ulazni podaci i klasteri obrade | 122 |
| 6.3.2. Jedinične cene komponenti naknade | 125 |
| 6.3.3. Formula naknade za minimalni paket usluga..... | 126 |

| | |
|--|-----|
| 6.3.4. Koeficijenti korekcije | 128 |
| 7. PRIMENA I POTVRDA MODELA NA ŽELEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE..... | 129 |
| 7.1. Železnice Republike Srpske kao studija slučaja..... | 129 |
| 7.2. Potvrda izbora tipa strukture naknade..... | 132 |
| 7.2.1. Metodološki okvir vrednovanja | 132 |
| 7.2.2. Metode vrednovanja | 134 |
| 7.2.3. Ekspertski panel i prikupljanje podataka | 137 |
| 7.2.4. Rezultati vrednovanja | 137 |
| 7.3. Primena modela na podacima Železnica Republike Srpske | 139 |
| 7.4. Potvrda funkcija modela..... | 141 |
| 7.4.1. Obračunska funkcija | 142 |
| 7.4.2. Signalna funkcija | 143 |
| 7.4.3. Preglednost i regulatorna usklađenost..... | 145 |
| 7.5. Diskusija rezultata | 146 |
| 8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA..... | 149 |
| 8.1. Sinteza rezultata i potvrda hipoteza..... | 149 |
| 8.2. Naučni doprinos i primenljivost rezultata | 152 |
| 8.3. Ograničenja i pravci budućih istraživanja..... | 154 |
| LITERATURA..... | 157 |
| PRILOG A | 172 |
| Prilog A.1. Izvorne vrednosti indikatora..... | 172 |
| Prilog A.2. Normalizovane vrednosti indikatora | 173 |
| Prilog A.3. Korelaciona matrica indikatora | 174 |
| Prilog A.4. Rezultati analize glavnih komponenti (PCA) | 175 |
| Prilog A.5. Raspodela vrednosti CRSSI prema kategorijama klasifikacije..... | 178 |
| Prilog A.6. Karakteristike selektovanih sistema | 179 |
| PRILOG B | 180 |
| Prilog B.1. Određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma metodom R-SWARA..... | 180 |
| Prilog B.2. Međumatrice proračuna metodom R-ALPAS..... | 181 |
| Prilog B.3. Analiza osetljivosti rezultata..... | 184 |
| POPIS POJMOVA | 185 |
| BIOGRAFIJA AUTORA..... | 191 |
| Izjava o autorstvu..... | 192 |
| Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada | 193 |
| Izjava o korišćenju..... | 194 |

SPISAK SLIKA

| | |
|--|-----|
| Slika 2.1. Taksonomija istraživačkog polja | 12 |
| Slika 2.2. Dijagram toka selekcije literature..... | 14 |
| Slika 3.1. Konceptualni okvir strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture..... | 31 |
| Slika 3.2. Kategorije usluga korišćenja železničke infrastrukture | 34 |
| Slika 3.3. Okvir formiranja naknada za korišćenje železničke infrastrukture | 36 |
| Slika 3.4. Promene tipa strukture naknada u evropskim železnicama u periodu 2013–2021 | 50 |
| Slika 4.1. Klasifikacija železnica prema dužini mreže..... | 53 |
| Slika 4.2. Profili dimenzija CRSSI za odabrane države..... | 75 |
| Slika 4.3. Geografski položaj selektovanih država sa malim železničkim sistemima | 77 |
| Slika 5.1. Metodološki koraci komparativne analize struktura naknada..... | 80 |
| Slika 5.2. Raspodela elemenata strukture naknada prema složenosti formule i njihovom pojavnom obliku..... | 87 |
| Slika 5.3. Odnos ukupnog broja elemenata i jediničnih cena u formulama za proračun naknada | 89 |
| Slika 5.4. Vrednosti indeksa preglednosti u malim železničkim sistemima | 92 |
| Slika 5.5. Korelacija broja jediničnih cena i preglednosti formule za proračun naknade u malim železničkim sistemima | 93 |
| Slika 5.6. Relativno učešće komponenti strukture naknada za referentni teretni voz u MPU | 106 |
| Slika 5.7. Učešće kapaciteta i habanja u strukturi naknade za referentni teretni voz..... | 107 |
| Slika 5.8. Relativno učešće habanja u strukturi naknade za teretni voz..... | 108 |
| Slika 5.9. Odnos habanja i kapaciteta za teretne vozove različitih masa | 109 |
| Slika 5.10. Relativno učešće komponenti strukture naknade za referentni putnički voz..... | 112 |
| Slika 5.11. Učešće kapaciteta i habanja u strukturi naknade za referentni putnički voz | 113 |
| Slika 6.1. Opšti algoritam modela strukture naknade za MPU | 122 |
| Slika 7.1. Postupak primene i potvrde modela strukture naknade | 131 |
| Slika 7.2. Metodološki okvir postupka višekriterijumskog vrednovanja strukture naknade | 133 |
| Slika 7.3. Komparativna analiza rangiranja alternativa sa osam MCDM metoda | 138 |
| Slika 7.4. Struktura naknade po komponentama za referentnu deonicu, putnički i teretni voz..... | 141 |
| Slika 7.5. Efekat uvođenja koeficijenta kvaliteta pruge..... | 143 |
| Slika 7.6. Uticaj promene bruto mase voza na naknadu..... | 144 |
| Slika 7.7. Struktura naknade za četiri tipa voza na deonici Banja Luka do Doboj..... | 144 |

SPISAK TABELA

| | |
|--|-----|
| Tabela 3.1. Uporedne karakteristike tipova struktura naknade | 45 |
| Tabela 4.1. Ekonomski izazovi železničkih sistema sa ograničenim kapacitetima | 57 |
| Tabela 4.2. Pragovi klasifikacije osnovnih pokazatelja obima transporta | 59 |
| Tabela 4.3. Izbor indikatora CRSSI sa obrazloženjem statusa..... | 68 |
| Tabela 4.4. Minimalne i maksimalne vrednosti indikatora..... | 72 |
| Tabela 4.5. CRSSI za 33 evropske države..... | 73 |
| Tabela 4.6. Klasifikacija železničkih sistema prema CRSSI..... | 75 |
| Tabela 4.7. Odabrani sistemi za komparativnu analizu | 76 |
| Tabela 5.1. Pregled formula za proračun naknada za MPU..... | 81 |
| Tabela 5.2. Pregled elemenata strukture naknade prema grupama, oznakama i zastupljenosti u formulama za proračun naknada za MPU | 84 |
| Tabela 5.3. Pregled jediničnih cena kao parametara u formulama za proračun naknada za MPU..... | 87 |
| Tabela 5.4. Element zahteva za trasom u strukturi naknada analiziranih železničkih sistema..... | 94 |
| Tabela 5.5. Elementi karakteristika trase u strukturi naknada..... | 95 |
| Tabela 5.6. Kategorizacija pruga i odnos cena između kategorija..... | 96 |
| Tabela 5.7. Elementi tehničkih karakteristika voza u strukturi naknada..... | 98 |
| Tabela 5.8. Primena mase voza, rasponi koeficijenata i pragovi promene | 99 |
| Tabela 5.9. Elementi segmentacije tržišta u strukturi naknada | 100 |
| Tabela 5.10. Posebni elementi strukture naknada..... | 102 |
| Tabela 6.1. Nomenklatura simbola u formuli naknade za MPU..... | 124 |
| Tabela 7.1. Obim saobraćaja na mreži ŽRS za 2025. godinu..... | 132 |
| Tabela 7.2. Kriterijumi za vrednovanje tipa strukture naknade | 134 |
| Tabela 7.3. Težinski koeficijenti kriterijuma dobijeni metodom R-SWARA..... | 137 |
| Tabela 7.4. Konačne vrednosti alternativa i rangiranje metodom R-ALPAS..... | 138 |
| Tabela 7.5. Direktni troškovi infrastrukture ŽRS grupisani po komponentama modela..... | 140 |
| Tabela 7.6. Jedinične cene po komponentama naknade za ŽRS (2025)..... | 140 |
| Tabela 7.7. Proračun naknade za deonicu Banja Luka do Doboj (93,5 km) | 140 |
| Tabela 7.8. Parametri proračuna..... | 142 |
| Tabela 7.9. Proračun naknade za referentne deonice (€)..... | 142 |
| Tabela 7.10. Naknada po komponentama za četiri tipa vozova na referentnoj deonici | 144 |
| Tabela 7.11. Usklađenost modela sa regulatornim okvirom | 145 |

SPISAK SKRAĆENICA

| Skraćenica | Značenje |
|------------|--|
| ACER | Agencija za saradnju energetske regulatora (<i>Agency for the Cooperation of Energy Regulators</i>) |
| BDP | bruto domaći proizvod |
| BiH | Bosna i Hercegovina |
| brtkm | bruto-tonski kilometar |
| CERRE | Centar za regulaciju u Evropi (<i>Centre on Regulation in Europe</i>) |
| CRSSI | kompozitni indeks veličine železničkog sistema (<i>Composite Railway System Size Index</i>) |
| EC | Evropska komisija (<i>European Commission</i>) |
| ECMT | Evropska konferencija ministara saobraćaja (<i>European Conference of Ministers of Transport</i>) |
| ELSTAT | Grčki zavod za statistiku (<i>Hellenic Statistical Authority</i>) |
| EMU | elektromotorni voz (<i>Electric Multiple Unit</i>) |
| ERTMS | Evropski sistem za upravljanje železničkim saobraćajem (<i>European Rail Traffic Management System</i>) |
| ETCS | Evropski sistem za kontrolu vozova (<i>European Train Control System</i>) |
| EU | Evropska unija (<i>European Union</i>) |
| EZ | Evropska zajednica |
| FC | ukupni troškovi (<i>Full Cost</i>) |
| IRG-Rail | Grupa nezavisnih regulatora za železnicu (<i>Independent Regulators' Group — Rail</i>) |
| ITF | Međunarodni transportni forum (<i>International Transport Forum</i>) |
| JRC | Zajednički istraživački centar (<i>Joint Research Centre</i>) |
| KMO | Kajzer-Majer-Olkinova mera adekvatnosti uzorka (<i>Kaiser-Meyer-Olkin</i>) |
| MC | marginalni troškovi (<i>Marginal Cost</i>) |
| MCDM | višekriterijumsko odlučivanje (<i>Multi-Criteria Decision Making</i>) |
| MPU | minimalni paket usluga |
| OECD | Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>) |
| PCA | analiza glavnih komponenti (<i>Principal Component Analysis</i>) |
| pkm | putnički kilometar |
| PRIME | Platforma menadžera železničke infrastrukture u Evropi (<i>Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe</i>) |
| PSO | obaveza javnog prevoza (<i>Public Service Obligation</i>) |

| | |
|----------------|---|
| R-ALPAS | Sistem za procenu i određivanje prioriteta alternativa zasnovan na grubim brojevima (<i>Rough Alternative Prioritisation and Assessment System</i>) |
| R-SWARA | metoda postupnog vrednovanja odnosa težina zasnovana na grubim brojevima (<i>Rough Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis</i>) |
| RNE | RailNetEurope (udruženje evropskih menadžera infrastrukture i tela za raspodelu kapaciteta) |
| SERA | Jedinstveni evropski železnički prostor (<i>Single European Railway Area</i>) |
| TAC | naknada za korišćenje železničke infrastrukture (<i>Track Access Charges</i>) |
| TEN-T | Transevropska transportna mreža (<i>Trans-European Transport Network</i>) |
| tkm | tonski kilometar |
| TSI | Tehničke specifikacije za interoperabilnost (<i>Technical Specifications for Interoperability</i>) |
| UIC | Međunarodna unija železnica (<i>Union Internationale des Chemins de fer</i>) |
| vkm | vozni kilometar |
| WBIF | Investicioni okvir za Zapadni Balkan (<i>Western Balkans Investment Framework</i>) |
| ŽRS | Železnice Republike Srpske a.d. Doboj |

Napomena: kod skraćenica stranog porekla puni naziv na izvornom jeziku naveden je u zagradi kurzivom.

1. UVOD

1.1. Motivacija i značaj istraživanja

Proces liberalizacije železničkog sektora u Evropskoj uniji (EU) zasniva se na uvođenju tržišnih mehanizama, prepoznatih kao instrumenti za unapređenje efikasnosti železničkog transporta. Transformacija železničkog sektora kroz napuštanje koncepta prirodnog monopola i stvaranje jedinstvenog evropskog železničkog prostora (*Single European Railway Area*, SERA) zahtevala je razvoj novih instrumenata za regulisanje tržišnih odnosa. Među njima, naknada za korišćenje železničke infrastrukture (*Track Access Charges*, TAC) predstavlja mehanizam kojim se uređuju odnosi između železničkih prevoznika i menadžera infrastrukture u postupku pristupa železničkoj mreži radi pružanja usluga prevoza robe ili putnika (Bošković, 2020).

Više od tri decenije nakon početka reformi, konkurencija među prevoznicima na većini železničkih mreža još uvek nije dostigla očekivani nivo. U pratećem radnom dokumentu Evropske komisije (European Commission, 2025a) konstatuje se da glavne neusklađenosti koje otežavaju razvoj SERA obuhvataju sledeća područja:

- nedostatak nezavisnosti menadžera infrastrukture, koji se manifestuje u neravnopravnosti prevoznika prilikom određivanja pristupa infrastrukturi,
- sistem naknada za korišćenje infrastrukture, u vezi s kojim se javljaju žalbe na nivo naknada, popuste i saradnju menadžera infrastrukture prilikom dodele trasa,
- ograničene sposobnosti i ovlašćenja regulatornih tela, kojima nedostaju ljudski, finansijski i administrativni resursi,
- narušavanje prava pristupa infrastrukturi kroz nezadovoljavajuće uslove pristupa uslugama,
- nedostaci u dodeli trasa i drugih infrastrukturnih kapaciteta¹, uključujući probleme koordinacije i sadržaja Izjava o mreži (*Network Statement*), i

¹ Pojam „kapacitet” upotrebljava se u disertaciji u dva regulatorno utemeljena značenja koja se razlikuju po obuhvatu. U užem, infrastrukturnom smislu označava broj trasa vozova koje je moguće rasporediti na određenom delu mreže u zadatom periodu i razlikuje se od tehničko-inženjerskog pojma propusne moći pruge. U širem smislu, kao kapacitet železničkog sistema, označava sposobnost države, regulatornog tela i menadžera

- problemi u izdavanju licenci, naročito u pogledu tumačenja dobre reputacije i poštovanja rokova.

Uzroke sporije dinamike u ostvarenju SERA treba tražiti u atomizovanosti i heterogenosti evropskog železničkog prostora. Nacionalni železnički sistemi razlikuju se ne samo po veličini mreže već i po organizacionim kapacitetima, tehničkoj i administrativnoj sposobnosti, kao i stepenu državne podrške. Analiza kapaciteta nacionalnih železničkih sistema pokazuje da više od polovine njih pripada kategoriji malih sistema, dok region Zapadnog Balkana u celini čine isključivo mali železnički sistemi. Pod malim železničkim sistemima, u ovom radu ravnopravno označenim i kao „male železnice” odnosno „male železničke mreže”, podrazumevaju se železnički sistemi sa nedovoljnim resursima za realizaciju evropskog koncepta i okvira regulisanja železničkog sektora. Formalna identifikacija takvih sistema zahteva definisanje merljivih indikatora i konstrukciju kompozitnog indeksa koji omogućava kvantitativnu klasifikaciju. Uprkos toj strukturalnoj heterogenosti, integracioni procesi u velikoj meri zasnivaju se na jedinstvenom regulatornom okviru, koji se primenjuje bez diferenciranog pristupa zasnovanog na razlikama u kapacitetima i mogućnostima pojedinačnih železničkih sistema.

Dosadašnja istraživanja modela naknada dominantno su se odnosila na velike evropske železničke sisteme, koji raspolazu razvijenim računovodstvenim sistemima praćenja troškova infrastrukture, ljudskim i finansijskim resursima i podacima za modeliranje naknada. Uprkos značaju naknada za korišćenje železničke infrastrukture za liberalizaciju tržišta, pitanje njihovog modeliranja u malim železničkim sistemima ostalo je nedovoljno razmatrano u postojećoj naučnoj i stručnoj literaturi, što ukazuje na istraživačku prazninu kojom se ovaj rad bavi.

1.2. Definicija problema

Određivanje modela naknada karakteriše složenost koja proizlazi iz potrebe da model istovremeno zadovolji više ciljeva, od kojih su pojedini međusobno suprotstavljeni. Naknada za korišćenje infrastrukture ima različite funkcije u zavisnosti od aktera železničkog sektora. Za menadžera infrastrukture predstavlja prihod, za železničkog prevoznika trošak, za državu instrument transportne politike, a za regulatorno telo mehanizam uređenja tržišta.

infrastrukture da primene regulatorni okvir naknada za korišćenje infrastrukture. Detaljnije videti u Popisu pojmova.

Model naknada zato predstavlja kompromis između interesa više aktera, pri čemu treba da obezbedi ravnotežu između finansijske stabilnosti menadžera infrastrukture, privlačnosti tržišta za nove prevoznike i uslova za razvoj konkurencije (Bugarinović, 2014).

Pojam „struktura naknade” označava elemente zastupljene u proračunu naknade i relacije između njih, odnosno način na koji su ti elementi međusobno povezani. Regulatorni okvir Evropske unije daje smernice o tome koje elemente model može da obuhvati, ali ne i kako te elemente kombinovati (Bošković i dr., 2022). Pregledom Izjava o mreži koje menadžeri infrastrukture objavljuju može se ustanoviti da svaki menadžer koristi zasebnu formulu za proračun visine naknade sa različitim elementima, parametrima i načinima njihovog označavanja.

Izbor elemenata u formuli, njihovo vrednovanje i uspostavljanje relacija među njima imaju praktične posledice jer menadžer infrastrukture time šalje signale prevoznicima o ponašanju koja podstiče ili obeshrabruje. Pošto naknada predstavlja trošak, prevoznik teži njenom smanjenju u segmentima na koje može uticati sopstvenim odlukama. Formula za proračun naknada tako može podsticati povećanje mase i dužine vozova, racionalnije korišćenje dodeljenih trasa ili izbor voznih sredstava sa manjim uticajem na habanje i oštećenje elemenata infrastrukture (*wear and tear*)². Struktura naknade može poslužiti i zaštiti dominantne pozicije istorijskih prevoznika (*incumbent*), što ilustruje primena dvodelnih naknada kojima se obeshrabruje ulazak novih prevoznika na tržište.

Male železnice odlikuju se malim kadrovskim i finansijskim kapacitetima, nedovoljno razvijenim vođenjem statistike i ograničenim istraživanjima u domenu održavanja infrastrukture i raspodele troškova (*cost allocation*). Mala iskorišćenost kapaciteta mreže i nemogućnost uspostavljanja delotvorne konkurencije među prevoznicima dodatno otežavaju primenu modela naknada razvijenih za velike železničke sisteme.

Centralno istraživačko pitanje jeste kako oblikovati modele naknada za korišćenje železničke infrastrukture u uslovima malih železničkih sistema. Njegovo rešavanje zahteva sistematski pristup, najpre utvrđivanje zajedničkih karakteristika malih železnica, zatim

² Pojam „habanje i oštećenje” infrastrukture predstavlja doslovan prevod engleskog pojma *wear and tear*. U disertaciji se koristi skraćeni oblik „habanje infrastrukture”, preuzet iz „Uredbe o načinu i modalitetima izračunavanja troškova koji su nastali kao direktan rezultat saobraćanja voza” („Službeni glasnik RS”, br. 48 od 5. jula 2019. i br. 149 od 11. decembra 2020.), koji se s istim značenjem koristi i u naučnoj literaturi. Detaljnije objašnjenje termina „habanje” dato je u Popisu pojmova i u Poglavlju 3.

analizu ograničenja koja te karakteristike nameću i konačno razvoj metodološkog okvira koji uvažava posebnosti malih sistema, uz poštovanje zahteva regulatornog okvira EU.

1.3. Cilj i zadaci istraživanja

Cilj disertacije je formulisanje metodološkog pristupa za razvoj modela naknada za korišćenje železničke infrastrukture prilagođenog malim železničkim sistemima. U okviru tog cilja razmatraju se problemi prisutni pri definisanju modela naknada u uslovima malih železnica, sa posebnim osvrtom na strukturu formule i izbor elemenata koji omogućavaju upravljanje troškovima infrastrukture u uslovima veće samostalnosti i odgovornosti menadžera infrastrukture na liberalizovanom tržištu.

Naučni ciljevi istraživanja obuhvataju:

- razvoj strukture opšteg modela naknada za minimalni paket usluga (MPU) u korišćenju železničke infrastrukture za male železničke mreže,
- određivanje indeksa veličine železničkog sistema kao pomoćnog alata u utvrđivanju adekvatne složenosti modela naknada,
- razvoj algoritma za određivanje modela naknada za male železnice koji omogućava sistematski pristup projektovanju strukture naknade.

Ostvarivanje navedenih ciljeva zahteva realizaciju sledećih istraživačkih zadataka:

1. Analiza faza razvoja modela naknada za korišćenje železničke infrastrukture na evropskim železnicama od njihovog uvođenja do danas, što uključuje pregled i analizu zakonodavstva EU iz ove oblasti i relevantne naučne i stručne literature.
2. Identifikacija elemenata strukture naknada u formulama za proračun i definisanje kriterijuma za njihov izbor, uključujući istraživanje načina proračuna naknade za minimalni paket usluga (na osnovu zauzetosti kapaciteta pruge, troškova habanja i trošenja elemenata infrastrukture ili obe komponente istovremeno).
3. Pregled, klasifikacija i analiza primenjenih modela naknada na evropskim železnicama na osnovu Izjava o mreži menadžera infrastrukture, uključujući identifikaciju tendencija u razvoju modela, naročito u pogledu malih železnica.
4. Određivanje indeksa veličine železničkog sistema.

5. Istraživanje kriterijuma za određivanje modela naknada za male železničke mreže i definisanje opšteg modela koji će biti testiran na primeru Železnica Republike Srpske.

1.4. Hipoteze i istraživačka pitanja

Osnovu istraživanja čine tri hipoteze.

Prva hipoteza (H1). Male železnice imaju zajedničke karakteristike koje uslovljavaju drugačiji pristup u modeliranju naknada za korišćenje infrastrukture u odnosu na velike železničke sisteme. Ograničeni resursi malih železnica ispoljavaju se u više dimenzija: nedovoljan kadrovski i stručni kapacitet, ograničena finansijska sredstva, sužene mogućnosti vođenja računovodstva, statističkog praćenja i istraživanja u oblasti održavanja infrastrukture, kao i nedostatak podataka za raspodelu troškova po mestu nastanka, uslugama i njihovim izazivačima. Ovim ograničenjima pridružuje se nedovoljna iskorišćenost kapaciteta mreže pruga i nemogućnost ostvarivanja efikasne konkurencije prevoznika na mreži. Navedene karakteristike zahtevaju specifičan pristup u strukturiranju formule za proračun naknada.

Druga hipoteza (H2). Uvažavajući specifičnosti malih železnica, moguće je razviti opšti algoritam za izradu modela naknada i jedinstveno strukturiranu formulu za proračun naknade. Ovako postavljeni algoritam i formula treba da odražavaju balans između zahteva legislative EU i zahteva koji proizlaze iz strategije razvoja železničkog sistema, karakteristika tržišta i budžetskih ograničenja konkretne države. Opšti algoritam ne podrazumeva uniformno rešenje za sve male železnice, već sistematski postupak koji omogućava prilagođavanje modela specifičnim uslovima svake mreže uz poštovanje istog regulatornog okvira.

Treća hipoteza (H3). U jedinstveno strukturiranoj opštoj formuli za proračun naknade, pojedini članovi, koeficijenti, ponderi, indeksi i jedinične cene za svaku malu železnicu imaju specifične vrednosti koje se proračunavaju na osnovu podataka dostupnih na nivou tog sistema. Ova hipoteza pretpostavlja postojanje zajedničkog imenitelja u pogledu vrste i strukture podataka kojima male železnice raspolažu, te da se opšta formula može primeniti na osnovu tog zajedničkog skupa podataka. Specifične vrednosti parametara za svaku železnicu proizlaze iz njenih konkretnih uslova, dok struktura formule ostaje jedinstvena.

Na osnovu navedenih hipoteza definisana su sledeća istraživačka pitanja:

- Koje karakteristike malih železničkih sistema su relevantne za modeliranje naknada i po čemu se te karakteristike razlikuju od velikih sistema?
- Koji elementi strukture naknade su primereni uslovima malih železnica i koji kriterijumi određuju njihov izbor?
- Kako uspostaviti balans između zahteva regulatornog okvira EU i ograničenja malih železničkih sistema u strukturi formule za proračun naknada?
- Koji podaci predstavljaju zajednički imenitelj malih železnica i kako se ti podaci koriste za određivanje vrednosti parametara u formuli?

1.5. Metodološki okvir istraživanja

Istraživanje se sprovodi primenom više naučnih metoda odabranih u skladu sa prirodom problema, postavljenim ciljevima i formulisanim hipotezama.

Induktivno-deduktivni metod primenjuje se kao osnovna logička struktura istraživanja. Induktivni pristup koristi se u analizi pojedinačnih modela naknada na evropskim železnicama, na osnovu čega se izvode opšti zaključci o zajedničkim karakteristikama, tendencijama i obrascima u strukturiranju formula za proračun naknada. Polazeći od opštih zahteva regulatornog okvira EU i teorijskih principa formiranja naknada, deduktivnim pristupom izvode se konkretni zaključci o elementima i relacijama primerenim malim železničkim sistemima. Kombinovanjem ova dva pristupa omogućava se razvoj opšteg modela koji je istovremeno utemeljen u empirijskim podacima i dosledan teorijskom okviru.

Sistematski pregled literature primenjuje se za formiranje korpusa relevantnih izvora i obezbeđivanje ponovljivosti postupka njihovog odabira. Pregled se sprovodi prema smernicama PRISMA metodologije (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) i obuhvata definisanje kriterijuma pretraživanja, identifikaciju izvora u bibliografskim bazama, eliminaciju duplikata, procenu relevantnosti na osnovu naslova i apstrakta i konačan izbor izvora za analizu. Rezultat postupka je definisan korpus literature na osnovu kojeg se izvode zaključci u pregledu literature.

Komparativna analiza koristi se za sistematsko poređenje modela naknada primenjenih na evropskim železnicama. Kao primarni izvor podataka koriste se Izjave o mreži, dokumenti koje menadžeri infrastrukture objavljuju u skladu sa zahtevima Direktive 2012/34/EU (European Parliament & Council of the European Union, 2012). Analizom se prepoznaju

sličnosti i razlike u strukturama formula, izborima elemenata, načinima vrednovanja parametara i pristupima raspodeli troškova. Poređenje je usmereno na modele malih i velikih železničkih sistema radi utvrđivanja posebnosti koje karakterišu male železnice. Rezultati komparativne analize služe kao empirijska osnova za testiranje prve hipoteze o zajedničkim ograničenjima malih železnica.

Metod sinteze primenjuje se za objedinjavanje rezultata prethodnih analiza u usklađen okvir za modeliranje naknada. Sinteza obuhvata povezivanje zaključaka o karakteristikama malih železnica, zahtevima regulatornog okvira, iskustvima iz prakse evropskih železnica i teorijskim principima formiranja naknada u jedinstven metodološki pristup. Rezultat sinteze je opšti algoritam za razvoj modela naknada koji predstavlja sistematski postupak primenljiv na različite male železničke sisteme.

Matematičko modeliranje formalizuje strukturu naknade definisanjem elemenata formule, njihovih međusobnih relacija i načina proračuna vrednosti parametara. Model ima aditivnu strukturu, pri čemu se sabiraju tri komponente prema aspektu korišćenja železničke infrastrukture i pripadajućoj troškovnoj osnovi. Razlikuju se komponenta kapaciteta, komponenta habanja i komponenta korišćenja elektrovučne opreme na elektrifikovanim deonicama mreže. Komponente se ponderišu koeficijentima koji odražavaju karakteristike pruga, kategorije vozova i tehničko-tehnološke uslove eksploatacije. Razvijeni model proverava se na primeru Železnica Republike Srpske, čime se ocenjuje njegova primenljivost u uslovima malog železničkog sistema.

Metodologija konstrukcije kompozitnih indikatora primenjuje se za razvoj Indeksa veličine železničkog sistema (*Composite Railway System Size Index, CRSSI*), kojim se kvantifikuje veličina sistema na osnovu pet dimenzija. Konstrukcija indeksa zasniva se na metodološkom priručniku koji za oblasti javnih politika definišu Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (*Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD*) i Zajednički istraživački centar Evropske komisije (*Joint Research Centre, JRC*) (OECD/JRC, 2008). Postupak obuhvata normalizaciju indikatora Min-Max metodom radi svođenja na zajedničku skalu, ponderisanje jednakim težinama dimenzija i dvostepenu agregaciju (unutar dimenzija i između dimenzija). Konstrukcija indeksa omogućava klasifikaciju evropskih železničkih sistema prema veličini i formiranje osnove za izbor uzorka malih sistema.

Statističke metode primenjuju se za proveru strukture podataka i klasifikaciju. Pogodnost podataka za redukciju dimenzija proverava se Kajzer-Majer-Olkinovom merom i Bartletovim testom sfericiteta. Analizom glavnih komponenti utvrđuje se dimenzionalna struktura indeksa i procenjuje opravdanost teorijski definisanih dimenzija. Korelacionom analizom utvrđuje se stepen međusobne povezanosti indikatora i procenjuje rizik dvostrukog ponderisanja dimenzija. Klasifikacija sistema prema vrednostima indeksa sprovodi se klaster analizom (metod k-sredina), čime se formiraju kategorije veličine na osnovu kojih se identifikuju mali železnički sistemi.

Metode višekriterijumskog odlučivanja primenjuju se za strukturiranje problema izbora tipa strukture naknade u kojem je potrebno vrednovati više kriterijuma različite prirode. Pristup se zasniva na teoriji grubih brojeva, koja omogućava agregaciju ekspertskih procena bez pretpostavljanja tipa raspodele, pri čemu se nesigurnost i neslaganje među ekspertima izražavaju kroz intervale grubih brojeva umesto jednom determinističkom vrednošću. Taj pristup je odabran jer se odluka o tipu strukture oslanja na mali broj ekspertskih procena za koje ne postoji osnov za pretpostavljanje konkretnog oblika raspodele. Metodom postupnog vrednovanja odnosa težina (*Rough Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*, R-SWARA) utvrđuju se težinski koeficijenti kriterijuma, dok se dok se sistemom za procenu i određivanje prioriteta alternativa (*Rough Alternative Prioritisation and Assessment System*, R-ALPAS) vrši rangiranje alternativnih tipova strukture naknade, na osnovu kojeg se bira najpogodniji tip. Primena ovih metoda omogućava sistematsko uključivanje stručnog znanja u postupke u kojima raspoloživi podaci ne pružaju dovoljnu osnovu za isključivo kvantitativne pristupe. Stabilnost rangiranja proverava se komparativnom analizom rezultata sa više metoda višekriterijumskog odlučivanja.

Studija slučaja primenjuje se kao istraživačka strategija za proveru primenljivosti razvijenog modela u realnim uslovima jednog malog železničkog sistema. Podaci Železnica Republike Srpske koriste se za sprovođenje celokupnog algoritma, od raspodele direktnih troškova na komponente modela do proračuna naknade za dodeljene trase vozova oba segmenta tržišta. Na taj način aktiviraju se svi elementi algoritma i proverava primenljivost modela sa konkretnim ulaznim veličinama.

Analiza osetljivosti primenjuje se za proveru stabilnosti rezultata u tri konteksta. Pri konstrukciji kompozitnog indeksa ispituje se uticaj isključivanja pojedinih indikatora na klasifikaciju sistema. Pri višekriterijumskom vrednovanju sprovodi se sistematsko variranje težinskih koeficijenata kriterijuma radi provere stabilnosti rangiranja alternativa. Prilikom

provere funkcija modela ispituje se uticaj promene vrednosti parametara na iznos naknade. Dosledno sprovođenje analize osetljivosti u sva tri konteksta obezbeđuje da zaključci ne zavise od pojedinačnih metodoloških izbora.

1.6. Organizacija i sadržaj disertacije

Disertacija je organizovana u osam poglavlja.

U prvom poglavlju definišu se problem istraživanja, ciljevi i zadaci, formulišu se hipoteze i istraživačka pitanja i opisuje se metodološki okvir.

Pregled relevantne literature i istraživanja dat je u drugom poglavlju. Polazište je evolucija regulatornog okvira Evropske unije, nakon čega slede istraživanja principa formiranja i troškovnih osnova naknada, komparativne studije modela i struktura, studije pojedinih država i radovi o naknadama u malim železničkim sistemima. Sintezom pregleda uočava se istraživačka praznina u pogledu modeliranja strukture naknada prilagođene ograničenjima malih sistema.

Treće poglavlje uspostavlja teorijski okvir. Pojmovi neophodni za opis strukture naknade definišu se i hijerarhijski povezuju. Razmatraju se funkcije naknada, principi formiranja propisani Direktivom 2012/34/EU i troškovna osnova zasnovana na direktnim troškovima prema Uredbi 2015/909/EU. Tipologija struktura obuhvata četiri tipa formule, uz analizu obračunske i signalne uloge, definisanje pojma preglednosti i pregled trendova na evropskim železnicama.

Položaj malih železničkih sistema unutar evropskog transportnog prostora utvrđuje se u četvrtom poglavlju. Na osnovu dimenzija veličine sistema razvija se CRSSI, zasnovan na devet indikatora. Agregacijom na uzorku od 33 evropska sistema dobija se klasifikacija u četiri kategorije prema veličini, iz koje se odabira jedanaest malih sistema za dalju analizu.

U petom poglavlju sprovodi se komparativna analiza struktura naknada za minimalni paket usluga u tih jedanaest sistema. Iz formula prikupljenih na osnovu Izjava o mreži izdvaja se devetnaest elemenata razvrstanih prema funkcionalnoj ulozi. Razvija se indeks preglednosti formule, analiziraju komponente strukture naknade u teretnom i putničkom saobraćaju, dok se sintezom na kraju poglavlja izvode smernice za modeliranje.

Opšti model strukture naknade za male železničke sisteme predmet je šestog poglavlja. Principi razdvajanja komponenti, dinamičnosti, transparentnosti i proporcionalnosti vode

ka usvajanju aditivne strukture. Jezgro modela čini algoritam koji ulazne podatke o saobraćaju, mreži i troškovima pretvara u jedinične cene i konačnu naknadu za trasu voza.

Primena i potvrda modela na primeru Železnica Republike Srpske obrađuju se u sedmom poglavlju. Ekspertsko vrednovanje zasnovano na metodama R-SWARA i R-ALPAS nezavisno potvrđuje izbor aditivne strukture. Model se potom primenjuje na stvarnim podacima za referentnu godinu 2025, funkcije modela testiraju se proračunima sa različitim vrednostima parametara, dok se rezultati razmatraju u svetlu postavljenih hipoteza.

Osmo poglavlje sumira rezultate istraživanja, razmatra naučne i praktične doprinose razvijenog modela i predlaže pravce daljih istraživanja.

2. PREGLED RELEVANTNE LITERATURE I ISTRAŽIVANJA

Istraživanje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture u malim železničkim sistemima zahteva poznavanje regulatornog konteksta, troškovnih osnova i metoda koje su primenjivane u oblikovanju sistema naknada u evropskim železničkim mrežama. Regulatorni okvir propisuje principe na kojima se naknade zasnivaju, ali primena tih principa zavisi od raspoloživih podataka o troškovima, dok metode za njihovu procenu zahtevaju određenu vrstu i detaljnost računovodstvenih evidencija. Ta međuzavisnost čini da se nijedna od tri navedene oblasti ne može razmatrati izolovano. Pregled literature obuhvata period od ranih devedesetih godina dvadesetog veka, kada su Direktiva 91/440/EEC (Council of the European Communities, 1991) i kasnija Direktiva 2001/14/EC (European Parliament & Council of the European Union, 2001) postavile pravni okvir za razdvajanje železničkih delatnosti i uvele principe utvrđivanja naknada, do radova publikovanih zaključno sa 2025. godinom. Pregled je usmeren na evropske sisteme, uz pojedinačna istraživanja iz Azije i Severne Amerike koja su ponudila komparativnu perspektivu ili pružila iskustva prenosiva na železnički sektor.

Polazište je evolucija regulatornog okvira Evropske unije i njen uticaj na istraživanja o naknadama. Razmatraju se potom principi formiranja naknada i troškovne osnove, sa naglaskom na doprinose pojedinih autora i nerazrešena pitanja u razmatranjima marginalnih, direktnih i ukupnih troškova. Komparativne studije koje su poredile sisteme naknada u više zemalja, studije sprovedene na nivou pojedinačnih država i radovi posvećeni naknadama u malim železničkim sistemima obuhvaćeni su u narednim sekcijama ovog poglavlja. Zaključna sekcija objedinjuje nalaze i prepoznaje nedovoljno istražena pitanja.

Pregled je organizovan od opšteg ka pojedinačnom, od regulatornog konteksta ka posebnostima malih sistema. Metode primenjivane u pregledanim istraživanjima razlikovale su se prema prirodi razmatranog problema. Regulatorni aspekti analizirani su pretežno pravnom i komparativnom analizom, troškovi infrastrukture procenjivani su ekonometrijskim i inženjerskim metodama, a strukture i visine naknada poredene su komparativnom i benchmarking analizom. Istraživanja na nivou pojedinačnih država oslanjala su se na studije slučaja, matematičko modeliranje i simulacije, dok je u radovima o malim sistemima zastupljeno višekriterijumsko odlučivanje kao metoda koja omogućava

istovremeno razmatranje regulatornih zahteva, troškovnih ograničenja i tržišnih uslova. Taksonomija istraživačkog polja prikazana je na slici 2.1.



Slika 2.1. Taksonomija istraživačkog polja

Skup izvora formiran je pretraživanjem indeksiranih baza naučnih publikacija *Scopus* i *Web of Science* i pretraživača akademske literature *Google Scholar*. Pretraga je sprovedena korišćenjem kombinacija ključnih termina (*track access charges, infrastructure charging, rail pricing, railway marginal cost pricing, railway infrastructure cost allocation, small railway system, small railway network, railway system capability*). Rezultati pretrage dopunjeni su izvorima iz referentnih lista pregledanih radova, čime je obezbeđena pokrivenost starijih ili manje indeksiranih publikacija. U skup su, pored naučnih radova, uključeni i izvori institucionalnog karaktera, među kojima su regulatorni dokumenti Evropske komisije (*European Commission, EC*), Nezavisne grupe regulatora za železnicu (*Independent Regulators' Group – Rail, IRG-Rail*) i Centra za regulaciju u Evropi (*Centre on Regulation in*

Europe, CERRE), izveštaji istraživačkih projekata RAILCALC³ i PRIME⁴ i publikacije Međunarodnog udruženja železnica (*Union Internationale des Chemins de fer*, UIC), Međunarodnog transportnog foruma (*International Transport Forum*, ITF) pri OECD i udruženja RailNetEurope (RNE). Kriterijumi za uključivanje zahtevali su da izvor neposredno razmatra barem jedan od aspekata istraživanja prikazanih na slici 2.1, i to principe formiranja, strukturu, visinu, troškove kao osnovu za utvrđivanje naknada ili regulatorni okvir koji definiše pravila naplaćivanja.

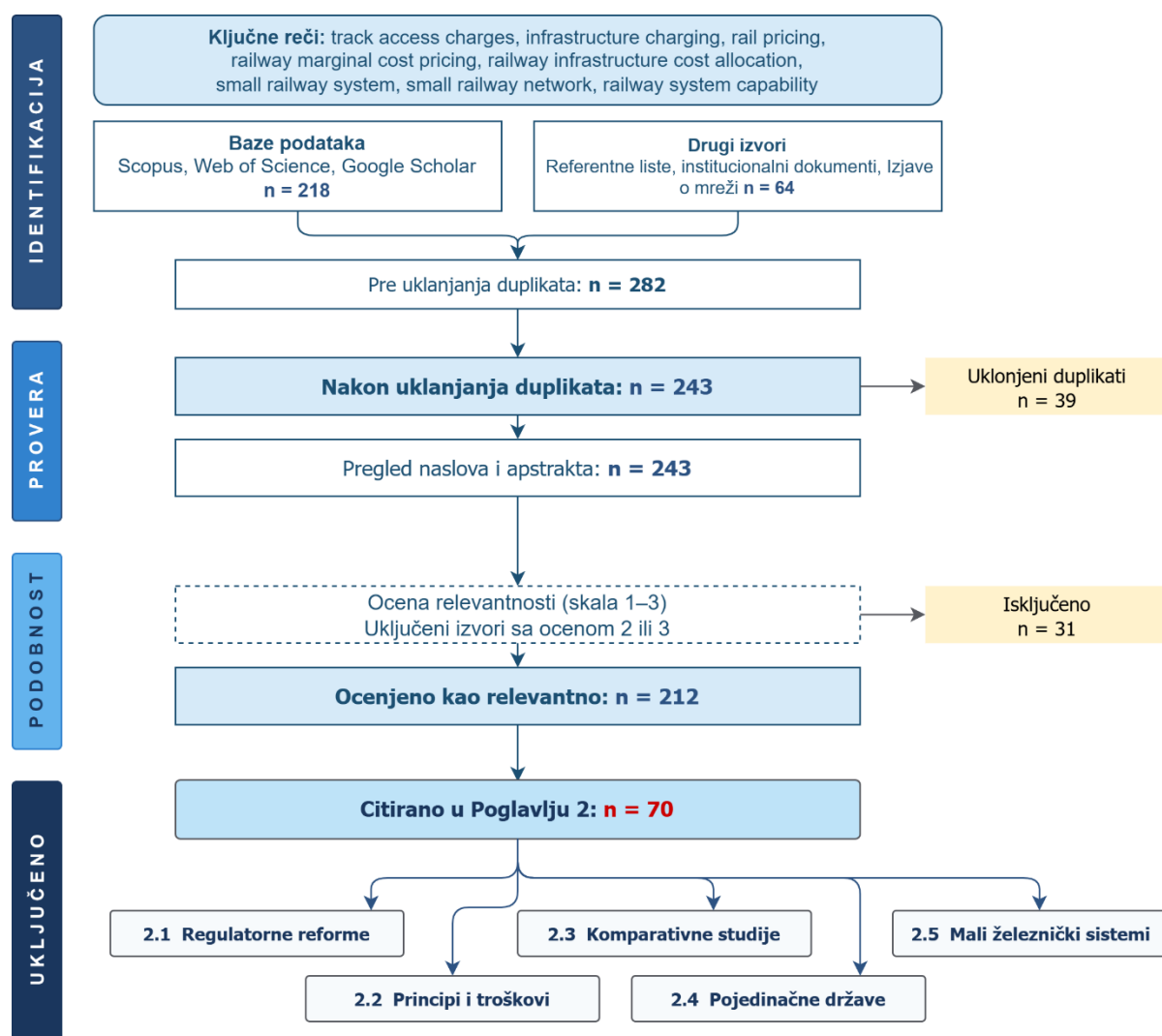
Pregled ne predstavlja sistematski pregled literature u metodološkom smislu, sa strogo definisanim protokolom pretrage, unapred utvrđenim kriterijumima isključivanja i kvantitativnom sintezom rezultata. Polazište nije bilo unapred postavljen skup pitanja, već potreba da se sagleda stanje polja i prepoznaju nedovoljno istražene oblasti. Prema tipologiji Grant i Booth (2009), pregled pripada kategoriji sistematizovanih pregleda (*systematized review*), u kome je postupak izbora izvora dokumentovan. Takav pristup odabran je kao prikladniji za oblast u kojoj su izvori heterogeni po tipu (naučni radovi, dokumenti institucija, institucionalni izveštaji, Izjave o mreži) i po metodološkom pristupu, te stoga nisu pogodni za standardizovane protokole sistematskog pregleda (Snyder, 2019). Tome doprinosi i priroda same oblasti, koju odlikuje stalna potreba za proveravanjem i unapređivanjem postojećih pristupa naplaćivanju, pri čemu se pravci daljeg razvoja prepoznaju tek nakon dužeg razdoblja praćenja promena u regulatornom okviru i praksi. Transparentnost je obezbeđena dokumentovanjem korišćenih baza podataka, kriterijuma uključivanja, broja utvrđenih i uključenih izvora i kategorizacijom svakog izvora prema tipu i relevantnosti za pojedinačne tematske celine pregleda.

Relevantnost svakog izvora ocenjena je na skali sa tri nivoa (1 = niska, 2 = srednja, 3 = visoka). Ocena 1 (niska relevantnost) dodeljena je izvorima koji se periferno dotiču naknada za korišćenje železničke infrastrukture, bez neposrednog doprinosa razmatranju njihove strukture, visine ili regulatornog okvira, dok je ocena 2 (srednja relevantnost) dodeljena

³ RAILCALC (engl. *Rail Infrastructure Charges Calculation*) projekat je finansiran od strane Generalne direkcije za saobraćaj Evropske komisije (DG TREN), realizovan u periodu 2006–2008, sa dva osnovna cilja: izradom vodiča dobre prakse za formiranje naknada za korišćenje železničke infrastrukture u skladu sa Direktivom 2001/14/EC i analizom usklađenosti sistema naknada u državama članicama.

⁴ PRIME (Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe) je platforma osnovana 2013. godine u skladu sa Direktivom 2012/34/EU, kao forum za saradnju evropskih menadžera infrastrukture i Evropske komisije. Platforma okuplja 37 menadžera infrastrukture iz država članica EU i država EFTA (egl. *European Free Trade Association*, Evropsko udruženje slobodne trgovine), a njene radne podgrupe obuhvataju teme naknada i finansiranja, bezbednosti, digitalizacije i ključnih pokazatelja učinka.

izvorima koji razmatraju pojedine aspekte naknada (troškovnu osnovu, regulatorne principe ili komparativna iskustva), ali bez celovite analize formiranja ili strukture naknade kao predmeta istraživanja. Ocena 3 (visoka relevantnost) dodeljena je izvorima čiji je primarni predmet analiza principa formiranja, strukture, visine ili regulatornog okvira naknada za korišćenje železničke infrastrukture. Ocenjivanje je sprovedeno na osnovu čitanja teksta svakog izvora, a ne samo naslova i apstrakta. Od ukupno 282 utvrđena izvora, nakon uklanjanja duplikata i provere relevantnosti, u pregled je uključeno 70, sa ocenom 2 ili 3. Postupak utvrđivanja, provere i izbora izvora dokumentovan je dijagramom toka prikazanim na slici 2.2, prilagođenim prema smernicama PRISMA 2020⁵ (Page i dr., 2021).



Slika 2.2. Dijagram toka selekcije literature

⁵ PRISMA (engl. *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) je skup smernica za transparentno izveštavanje o postupku identifikacije, provere i izbora izvora u pregledima literature.

2.1. Regulatorne reforme i razvoj istraživačkog polja

Istraživačko polje o naknadama za korišćenje železničke infrastrukture oblikovano je regulatornim reformama u evropskom železničkom sektoru. Pre usvajanja Direktive 91/440/EEC, pitanje naknada nije postojalo kao zaseban predmet istraživanja jer su nacionalne železnice funkcionisale kao vertikalno integrisani monopoli u kojima korišćenje infrastrukture nije bilo predmet naplaćivanja. Razdvajanjem upravljanja infrastrukturom od prevoznih delatnosti i uvođenjem naknada za pristup infrastrukturi stvoreno je novo istraživačko polje čiji se razvoj može pratiti kroz tri faze, pri čemu je svaka pokrenuta usvajanjem regulatornog akta.

Prva faza obuhvata period od početka devedesetih do sredine prve decenije dvadeset prvog veka. Direktiva 91/440/EEC postavila je načelni zahtev za razdvajanjem, ali nije precizirala način na koji korišćenje infrastrukture treba da bude naplaćeno. Rana istraživanja bila su usmerena na temeljno pitanje koji ekonomski princip primeniti za formiranje naknada, a strateški dokumenti Evropske komisije⁶ postavili su cilj nediskriminatornog pristupa infrastrukturi, čime je otvoreno pitanje usklađenosti nacionalnih sistema naknada. Principi razmatrani u tom periodu (marginalni troškovi, ukupni troškovi, Ramsey princip) i njihovi efekti na raspodelu troškova među korisnicima infrastrukture postali su predmet zasebnih istraživačkih pravaca.

Drugu fazu pokrenulo je usvajanje Direktive 2001/14/EC, koja je prvi put zakonodavno definisala principe naplaćivanja korišćenja infrastrukture, obavezu izrade Izjave o mreži i mehanizme raspodele kapaciteta. Ovaj akt proizveo je rast raznolikosti nacionalnih pristupa, praćen velikim brojem radova i studija kako na nivou analize pojedinačnih država tako i kroz njihova poređenja. Uprkos razvoju regulatornog okvira, raznolikost sistema naknada nije se smanjila, što je dokumentovano u nizu institucionalnih i akademskih studija, uključujući publikacije Evropske konferencije ministara saobraćaja (*European Conference of Ministers of Transport, ECMT*) i radove posvećene evropskim praksama naplaćivanja tokom čitavog perioda od sredine prve do sredine druge decenije dvadeset prvog veka (ECMT, 2005; Nash, 2005).

⁶ White Paper *A strategy for revitalising the Community's railways* (COM(1996) 421 final), White Paper *European transport policy for 2010: time to decide* (COM(2001) 370 final) i Green Paper *Towards fair and efficient pricing in transport: Policy options for internalising the external costs of transport in the European Union* (COM(1995) 691 final).

Treću fazu otvorilo je usvajanje Uredbe 2015/909 (European Commission, 2015) i Četvrtog železničkog paketa⁷. Uredba je propisala direktni trošak nastao kretanjem voza kao osnovu za naplaćivanje MPU i postupke za utvrđivanje tog troška, čime je postavila zahteve čija primenljivost u državama sa različitim stepenom razvijenosti evidencija o troškovima postaje predmet rasprave. Pitanje vođenja troškova prema mestu nastanka i uzročnicima time je postalo neposredno vezano za mogućnost primene propisanih postupaka. Polje se u istom periodu proširilo na pitanja koja ranije nisu bila zastupljena, uključujući diferencijaciju naknada prema buci, uticaj naknada na konkurentnost pojedinih tržišnih segmenata i vezu između visine naknada i obima državnog finansiranja menadžera infrastrukture. Osmi izveštaj Evropske komisije o praćenju razvoja železničkog tržišta (European Commission, 2023) potvrdio je da razlike u strukturama naknada i dalje predstavljaju prepreku funkcionisanju jedinstvenog evropskog železničkog prostora, što ukazuje na to da regulatorni okvir, uprkos tri decenije razvoja, nije proizveo konvergenciju u praksi.

Istraživačko polje su u periodu od 1991. do 2025. oblikovale tri grupe aktera: međunarodne organizacije (ECMT/ITF, UIC, RailNetEurope, IRG-Rail) koje su obezbeđivale komparativne podatke i periodične izveštaje o stanju naknada, projekti koje je finansirala Evropska komisija (RAILCALC, PRIME) sa ciljem uspostavljanja zajedničkih metodoloških okvira i akademske istraživačke grupe koje su razvijale teorijske i empirijske doprinose. Doprinosi svih triju grupa razmatraju se prema tematskom, a ne institucionalnom ključu.

Prva faza bila je usmerena na izbor principa. Druga se bavila poređenjem i ocenom postojećih sistema naknada u uslovima sve veće raznolikosti. Treća, koja još traje, usmerena je na primenu zahteva u pogledu direktnih troškova, na specifičnosti pojedinih tržišnih segmenata i na pitanje da li je regulatorni okvir, prvobitno oblikovan za različite segmente mreže zapadne Evrope, primenljiv na male železničke sisteme koji imaju bitno drugačije karakteristike. U pregledanoj literaturi pitanje primenljivosti na male sisteme postavljeno je tek nedavno. Institucionalne studije, projekti Evropske komisije i akademska istraživanja dokumentovali su raznolikost železničkih sistema i sistema naknada u Evropi, ali su evropske železničke sisteme posmatrali kao jedinstven uzorak u kome se sistemi sa mrežom od 250 km porede sa sistemima od 33.000 km, bez razlikovanja analitičkog pristupa prema

⁷ Četvrti železnički paket sastoji se od tehničkog i tržišno-upravljачkog dela. Tehnički deo čine Uredba (EU) 2016/796, Direktiva (EU) 2016/797 i Direktiva (EU) 2016/798. Tržišno-upravljачki deo obuhvata izmene pravila o otvaranju tržišta domaćeg putničkog prevoza i o upravljanju infrastrukturom, uključujući Uredbu (EU) 2016/2338 i Direktivu (EU) 2016/2370.

veličini, obimu saobraćaja ili administrativnim kapacitetima. Takvo razlikovanje uvode jedino Bošković i saradnici (2021, 2022).

2.2. Istraživanja principa formiranja i troškovnih osnova naknada

Istraživanja su se razvijala oko četiri osnovna pristupa formiranju naknada za korišćenje železničke infrastrukture: kratkoročni marginalni troškovi, ukupni troškovi sa mehanizmima marže, dvotarifni sistemi sa Ramsey principom i direktni troškovi u smislu Uredbe 2015/909. Rothengatter (2003) je sistematizovao razmatrane principe i pokazao da svaki od njih proizvodi različite efekte raspodele među korisnicima infrastrukture, pri čemu nijedan ne zadovoljava istovremeno zahteve efikasnosti, pravičnosti i finansijske održivosti. Rasprave između zagovornika pojedinih principa ostale su nerazrešene i svaki od navedenih pristupa proizveo je zasebnu grupu radova.

Ekonometrijski pristup procenjivanju marginalnih troškova, zasnovan na statističkoj analizi odnosa između intenziteta saobraćaja i troškova održavanja i obnove infrastrukture, razvijan je pretežno u Švedskoj i Velikoj Britaniji, gde postoje duge vremenske serije podataka o troškovima infrastrukture. Za švedski sistem, primenom različitih ekonometrijskih modela procenjivani su marginalni troškovi održavanja, obnove i održavanja signalizacije, pri čemu su rezultati varirali u zavisnosti od transformacije podataka, metode ocenjivanja i obuhvata kategorija troškova uključenih u model (Andersson i dr., 2012; Odolinski i dr., 2023; Odolinski & Nilsson, 2017). Slične metode primenjene na britansku mrežu potvrdile su da marginalni troškovi variraju u zavisnosti od tipa saobraćaja i karakteristika mreže (Wheat & Smith, 2008). Projekat CATRIN⁸, koji je objedinio rezultate iz više železničkih sistema, ukazao je da su elastičnosti troškova u odnosu na obim saobraćaja u rasponu od 0,2 do 0,45 i marginalni troškovi održavanja od 0,32 do 2,17 evra po 1.000 bruto-tonskih kilometara (Franklin i dr., 2013; Link i dr., 2008). Zavisnost procena od dužine vremenskih serija i detaljnosti obuhvata podataka, dokumentovana u više radova, ograničava prenosivost ekonometrijskih rezultata na sisteme u kojima takvi podaci nisu raspoloživi.

⁸ CATRIN (engl. *Cost Allocation of TRansport INfrastructure cost*) – projekat finansiran u okviru Šestog okvirnog programa Evropske komisije (FP6), realizovan u periodu 2007–2009, sa ciljem razvoja metodologija za alokaciju troškova transportne infrastrukture.

Inženjerski pristup, zasnovan na odnosu između obima saobraćaja i mehaničkog dejstva na pružne elemente, odnosno trenja i drugih uticaja nastalih kao direktan rezultat saobraćanja voza, razvijan je nezavisno od ekonometrijskog. Procenjeno je da troškovi zamene gornjeg stroja mogu biti jednaki troškovima tekućeg održavanja i da se zamena po pravilu sprovodi na svakih 25 do 40 godina, pa period posmatranja kraći od tog intervala ne obuhvata troškove zamene i daje nižu procenu ukupnih troškova infrastrukture (Calvo i dr., 2013). Troškovi habanja zavise od fizičkih karakteristika pojedinih segmenata mreže.

Deonice sa krivinama mogu imati troškove do tri puta veće od deonica u pravcu (Marschnig, 2016). Ovaj odnos dalje je razrađen u okviru modela razvijenog na Tehničkom univerzitetu u Gracu, koji je u švajcarskim saveznom železnicama od 2017. godine u primeni kao alat za utvrđivanje naknada za korišćenje infrastrukture (Ehrhart i dr., 2024). Uticaj karakteristika voza takođe je kvantifikovan, pa povećanje osovinskog opterećenja za deset procenata skraćuje intervale održavanja za trideset procenata (Hudenko, 2019). Na osnovu rezultata projekta GRACE⁹, marginalni trošak habanja i oštećenja koloseka procenjen je pretežno u opsegu od jedan do četiri evra po voznom kilometru (Nash i dr., 2008).

Poređenjem oba pristupa zaključeno je da ekonometrijske i inženjerske procene daju slične raspone rezultata, ali da se razlikuju po proverljivosti polaznih pretpostavki. Inženjerski modeli polaze od utvrđenih mehanizama habanja i oštećenja koloseka, dok ekonometrijski rezultati zavise od postavke modela čija provera zahteva dodatne postupke validacije (Gaudry & Quinet, 2009). Primena inženjerskog pristupa na nivou sistema zahteva poznavanje parametara habanja i oštećenja za svaki segment mreže, što ga bez znatnih pojednostavljenja čini neprimenljivim u uslovima ograničenih podataka.

Ukupni troškovi i mehanizmi uvećanja (*mark up*) razmatrani su kao odgovor na situacije u kojima naknade zasnovane na marginalnim troškovima ne pokrivaju dovoljan deo troškova infrastrukture. Na uzorku šest evropskih država utvrđeno je da sistemi koji primenjuju ukupne troškove ili uvećanje postižu veću pokrivenost troškova, ali uz smanjenje tražnje za trasama (Macário i dr., 2007). Koliki deo troškova naknade treba da pokriju zavisi od obima javnog finansiranja menadžera infrastrukture. Izveštaj PRIME (2022) pokazao je da države sa višim učešćem javnog finansiranja mogu primeniti naknade bliže marginalnim

⁹ GRACE (engl. *Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation*) istraživački je projekat finansiran u okviru Šestog okvirnog programa Evropske komisije (FP6), realizovan u periodu 2005–2008, sa ciljem razvoja metoda za procenu marginalnih socijalnih troškova korišćenja transportne infrastrukture u svim vidovima saobraćaja.

troškovima. Države koje od naknada očekuju veću pokrivenost troškova primenjuju složenije strukture naknade sa uvećanjem iznad marginalnih troškova. Pored efekta na tražnju, visina naknade utiče i na uslove konkurencije na tržištu. Naknade bliže marginalnim troškovima smanjuju trošak pristupa infrastrukturi i time povećavaju ukupnu ponudu na mreži (Ristić i dr., 2022), dok asimetrične naknade, kod kojih novi prevoznik privremeno plaća nižu naknadu za pristup infrastrukturi, predstavljaju mehanizam za smanjenje razlike u tržišnom položaju između istorijskog i novog prevoznika u početnom periodu konkurencije (Trifunović i dr., 2024). Rasprava o ukupnim troškovima nije razrešena. Obim javnog finansiranja određuju nacionalne vlade na osnovu fiskalnih prioriteta, a ne na osnovu principa naknada, pa izbor principa ostaje zavisano od odluka koje su izvan nadležnosti menadžera infrastrukture (European Commission, 2025b).

Dvotarifni sistemi i *Ramsey* princip (uvećanje obrnuto srazmerno elastičnosti tražnje za trasama) razmatrani su kao pokušaj usklađivanja zahteva da varijabilni deo naknade odražava marginalne troškove sa potrebom pokrivanja fiksnih troškova. Na primeru holandskog sistema naknada analizirana je primena principa sposobnosti plaćanja (*ability to pay*) i diferencijacija naknada prema tržišnim segmentima, pri čemu je pokazano da pojedini segmenti mogu podneti veće naknade bez bitnog smanjenja tražnje za trasama (Van Vuuren, 2002). Dvotarifni sistem sastoji se od fiksne i varijabilne komponente naknade po obimu korišćenja. Zastupan je stav da takav sistem omogućava pokrivanje fiksnih troškova uz očuvanje varijabilne komponente naknade na nivou marginalnih troškova, polazeći od iskustava SAD, ali uz napomenu da funkcioniše samo u uslovima dovoljnog broja prevoznika koji mogu podneti fiksnu komponentu (Pittman, 2003). Na primeru Švedske pokazano je da prelazak sa marginalnog principa bez fiksne komponente na dvotarifni sistem povećava prihode od naknada, ali uz rizik od isključivanja prevoznika sa nižim obimom saobraćaja (Jansson & Lang, 2013). Procena elastičnosti tražnje za trasama u odnosu na naknade na francuskoj mreži dala je vrednost od $-0,13$ na konvencionalnoj mreži i od $-0,4$ do $-0,7$ na prugama za vozove velikih brzina (Olarte-Bacares i dr., 2022). Razlike u elastičnostima pokazuju da segmenti nejednako reaguju na promenu naknada, što je preduslov za primenu uvećanja prema *Ramsey* principu, ali ne i neposredna mera sposobnosti plaćanja. Za male sisteme, u kojima često saobraća jedan ili dva prevoznika, primenljivost dvotarifnog sistema ostaje otvoreno pitanje jer se fiksna komponenta raspoređuje na mali broj korisnika.

Usvajanje Uredbe 2015/909 utvrdilo je direktni trošak kao osnovu za utvrđivanje naknade za minimalni paket usluga, čime je postavljeno pitanje kako utvrditi direktne troškove u

sistemima sa različitim stepenom razvijenosti evidencija o troškovima. Analiza primene Uredbe na nemačkom sistemu pokazala je da postupci koje Uredba predviđa (ekonometrijski modeli, inženjerski pristup ili kombinovani postupak) zahtevaju podatke o troškovima koji u mnogim državama članicama nisu raspoloživi u potrebnom obliku (Engelhardt, 2018). Za austrijski sistem utvrđeno je da izbor načina utvrđivanja direktnih troškova utiče na visinu naknada i da razlike mogu iznositi do 40% u zavisnosti od toga da li se primeni ekonometrijski ili inženjerski pristup (Henseler, 2021). Različite prakse država članica dokumentovane su u vodičima za primenu Uredbe (IRG-Rail, 2016), pri čemu je samo manjina primenivala ekonometrijske modele, dok je većina koristila računovodstvene metode ili inženjerske procene sa različitim stepenom detaljnosti. Posledice zahteva Uredbe za sisteme u kojima računovodstvo ne prati troškove prema uzročnicima već samo prema mestu nastanka razmotrene su na primeru malih sistema, gde je utvrđeno da primena propisanih postupaka zahteva dodatne inženjerske procene varijabilnosti pojedinih kategorija troškova (Bugarinović & Bošković, 2016). Pitanje utvrđivanja direktnih troškova tako je ostalo najizraženije upravo u onim sistemima koji nemaju ni duge vremenske serije za ekonometrijsku procenu, ni detaljnu evidenciju habanja po segmentima za inženjerski pristup, ni računovodstveno praćenje troškova prema uzročnicima.

Četiri razmatrana principa razlikuju se po teorijskoj osnovi, ali dele zajedničku pretpostavku. Svi polaze od toga da sistem raspolaže mogućnostima za prikupljanje, evidenciju i analizu podataka o troškovima. Rasprave o izboru principa vođene su pretežno na opštem nivou, bez razmatranja specifičnosti sistema u kojima ta pretpostavka ne važi, čime je raspon primenljivih principa u takvim sistemima ostao neistražen.

2.3. Komparativne studije modela i struktura naknada

Komparativna istraživanja sistema naknada čine najobimniji segment literature, a njihov razvoj može se pratiti od ranih institucionalnih pregleda, preko projekata koje je finansirala Evropska komisija, do akademskih studija sa analitičkim okvirima.

Prve komparativne studije nastale su kao odgovor na potrebu da se dokumentuje kako države članice primenjuju principe naplaćivanja uvedene Direktivom 2001/14/EC. Analiza ECMT (2005) obuhvatila je 25 evropskih sistema i utvrdila da se naknade kreću u rasponu od manje od 1 do preko 10 evra po voznom kilometru i da većina sistema primenjuje jednodelnu strukturu naknada. Dokumentovano je i odstupanje prakse u pojedinim državama od principa propisanih direktivom. Razlike u naknadama između država ne

proizilaze samo iz razlika u vođenju troškova već i iz različitih tumačenja regulatornog okvira i razlika u obimu javnog finansiranja menadžera infrastrukture (Nash, 2005).

Pregled 25 mreža za Međunarodni transportni forum (Thompson, 2008) pokazao je da raznolikost raste tokom vremena i proširuje se uključivanjem novih država članica. Samo četiri od analiziranih mreža primenjivale su dvodelnu strukturu naknada, dok je većina koristila jednodelne strukture naknada sa različitim kombinacijama mernih jedinica (vozni kilometri, bruto-tonski kilometri, osovinski kilometri). Thompson je uveo klasifikaciju sistema prema broju komponenti u formuli i prema obuhvatu troškova pokrivenih naknadama, čime je postavio osnovu za kasnija sistematska poređenja.

Na osnovu uporedne analize sprovedene u okviru projekta UIC INFRACHARGES¹⁰ utvrđeni su osnovni tipovi sistema naknada u Evropi (López-Pita, 2006). Klasifikacija prema tipu formule predložena je u kasnijem radu iste grupe (Teixeira i dr., 2013). Utvrđeno je i da se broj komponenti u formulama povećava tokom vremena, što je protumačeno kao posledica nastojanja menadžera infrastrukture da preciznije raspodele troškove na uzročnike (Prodan i dr., 2013).

Mogućnost poređenja naknada po državama na osnovu unapred definisanih parametara voza i relacije obezbeđuje Sistem informacija o naknadama (*Charging Information System, CIS*) koji vodi RNE. Ovaj mrežni alat objedinjuje podatke menadžera infrastrukture iz više od 20 evropskih zemalja i daje okvirne procene naknada za međunarodne vozove, čime se postiže veća uporedivost nego poređenjem samo jediničnih cena (RailNetEurope, 2015). Od 2012. godine prakse naplaćivanja sistematski su praćene u godišnjim izveštajima IRG-Rail (2012, 2015, 2020, 2024b), pri čemu je svaki obuhvatao podatke o visini naknada, strukturi formula, primenjenim principima i pokrivenosti troškova. Izveštaj iz 2020. godine, koji pokriva 27 sistema, dokumentovao je da 19 od 27 sistema primenjuje jednodelnu strukturu i da se broj komponenti u formulama kreće od jedne do osam. Pokrivenost troškova naknadama za minimalni paket usluga bila je ispod 30% u većini železničkih sistema. Ove institucionalne studije obezbeđuju kontinuitet u praćenju, ali ne uzimaju u obzir stanja posmatranih sistema i ne analiziraju razloge za uočene razlike.

Za razliku od institucionalnih studija, projekti koje je finansirala Evropska komisija ocenjivali su sisteme naknada i predlagali metodološka rešenja. U okviru ocene primene

¹⁰ INFRACHARGES je realizovan u dve faze: prva (2005–2006) bila je usmerena na naknade za usluge velikih brzina, a druga (2012) obuhvatila je 27 evropskih sistema.

prvog železničkog paketa (European Commission, 2006) utvrđeno je da se principi propisani Direktivom 2001/14/EC različito tumače u pojedinim državama, pri čemu neke naplaćuju samo varijabilne troškove, a druge uključuju uvećanja iznad marginalnih troškova. RAILCALC (Macário i dr., 2007) je pokrio sedam država sa ciljem harmonizacije obračuna naknada. PRIME (2022) je analizirao veći broj sistema naknada i povezoao naknade sa učinkom menadžera infrastrukture. Zajedničko ograničenje ovih projekata jeste usmerenost na države koje su u vreme izrade studije bile članice Evropske unije, čime sistemi Zapadnog Balkana, Turske i drugih država koje nisu bile članice nisu razmatrani.

Akadska komparativna istraživanja, za razliku od institucionalnih, ocenjivala su sisteme prema definisanim kriterijumima i objašnjavala uočene razlike. Sistemi u šest velikih evropskih država (Nemačka, Francuska, Italija, Španija, Švajcarska i Velika Britanija) upoređivani su prema strukturi naknada, visini, pokrivenosti troškova i razumljivosti formula za korisnike, pri čemu je zaključeno da raznolikost sistema otežava donošenje zaključaka o optimalnom pristupu (Beria i dr., 2012). Predložena je i metodologija za procenu naknada koja objedinjuje troškovne i tržišne kriterijume (Ciuffini i dr., 2012), dok je za ERIM/UIC razvijen okvir za uporedno vrednovanje koji je uključivao svođenje naknada na uporedivu osnovu prema karakteristikama saobraćaja (Vidaud & de Tilière, 2010). Na uzorku šest evropskih sistema potvrđeno je da sistemi sa ukupnim troškovima postižu višu pokrivenost, ali uz veću disproporciju između naknada za putničke i teretne prevoznike (Arrigo & Di Foggia, 2014). Sve navedene studije obuhvataju samo velike zapadnoevropske železničke sisteme, čime je pitanje strukture naknada na manjim mrežama ostalo neobrađeno.

Studije izvan evropskog konteksta pokazale su da institucionalno okruženje bitno utiče na oblikovanje sistema naknada. Poređenjem sistema u Japanu i Evropi pokazano je da japanski model vertikalne integracije otklanja potrebu za naplaćivanjem korišćenja infrastrukture, ali otežava razgraničenje troškova između infrastrukture i prevoza (Kurosaki & Okuda, 2013). Za američki sistem analizirani su mehanizmi određivanja cena i raspodele kapaciteta na deljenim infrastrukturama, pri čemu je utvrđeno da pregovarački model daje drugačije podsticaje za učesnike od regulisanog pristupa koji primenjuje Evropa (Peña-Alcaraz, 2015). Poređenje sistema naknada u Kini sa evropskim i japanskim modelom potvrdilo je da vertikalno integrisani sistem proizvodi bitno drugačiju logiku formiranja naknada od razdvojenih sistema, jer naknade u takvom okruženju ostaju pretežno instrument za izravnjanje finansija između železničkih kompanija, a ne mehanizam za pokrivanje direktnih

troškova (Kang i dr., 2021). Analiza reformi železničkog sektora u jugoistočnoj Aziji utvrdila je da sistemi u razvoju imaju specifičnosti koje postojeći evropski modeli ne uzimaju u obzir (Berawi & Miraj, 2023), čime je posredno podržana teza da formiranje naknada treba prilagoditi uslovima sistema koji se posmatra.

Institucionalne studije, projekti Evropske komisije i akademska istraživanja dokumentovali su raznolikost nacionalnih sistema naknada, ali su evropske sisteme posmatrali kao jedinstven uzorak, bez razlikovanja prema veličini mreže, obimu saobraćaja ili administrativnim kapacitetima. Razlikovanje prema tim dimenzijama uvedeno je tek u novijim istraživanjima posvećenim malim sistemima (Bošković i dr., 2021, 2022), uz zadržavanje na nivou utvrđivanja obrazaca, bez konkretnog predloga rešenja.

2.4. Studije sistema naknada za pojedinačne države

Komparativne studije dokumentuju raznolikost sistema naknada, ali ne ulaze u specifičnosti primene u konkretnom institucionalnom okruženju i troškovnim uslovima. Studije na nivou pojedinačnih država popunjavaju tu prazninu analizom funkcionisanja konkretnog sistema. Najveći deo literature posvećen je sistemima Nemačke, Velike Britanije, Švedske i Francuske, dok za većinu država istočne i jugoistočne Evrope postoji po jedan ili dva rada.

Četiri sistema o kojima postoji najviše literature imaju zajedničke karakteristike: razvijenu bazu podataka, detaljne evidencije i duge vremenske serije podataka o troškovima infrastrukture. Uprkos tome, izbor principa i načina utvrđivanja naknada u svakom od njih dovodi do različitih vrednosti naknada. Nemački sistem počiva na principu potpune pokrivenosti troškova, ali visina naknada odražava ne samo troškove već i nastojanje menadžera infrastrukture da ostvari najveće moguće prihode u uslovima ograničenog javnog finansiranja (Link, 2004, 2012). Usvajanje Uredbe 2015/909 zahtevalo je izmenu postojećeg modela čak i u tim uslovima (Engelhardt, 2018). Različiti ekonometrijski modeli primenjeni na britansku mrežu daju procene koje se međusobno razlikuju do dva puta (Smith i dr., 2018). Za švedski sistem, koji je među prvima primenio princip marginalnih troškova, procenjeno je smanjenje voznih kilometara za 2 do 4% usled povećanja naknada (Ljungberg, 2013). Francuski sistem odlikuje istovremeno postojanje konvencionalne mreže i mreže velikih brzina, sa razlikama u elastičnosti tražnje između ta dva segmenta (Olar-te-Bacares i dr., 2022). To zahteva strukturu naknada sa komponentom rezervacije kapaciteta koja ne postoji u većini drugih sistema (Crozet, 2004).

Isto potvrđuju i primeri izvan ta četiri sistema. U italijanskom sistemu usklađivanje sa Direktivom 2012/34/EU zahtevalo je izmenu modela naknada uprkos razvijenoj institucionalnoj osnovi (Rotoli i dr., 2018), a za austrijski sistem utvrđeno je da izbor načina utvrđivanja direktnih troškova daje različite vrednosti naknada čak i kada je troškovna baza razvijena (Henseler, 2021).

Studije sistema sa ograničenim institucionalnim mogućnostima i evidencijama o troškovima ukazuju na drugačiju vrstu problema. Reformu u Portugaliji ometale su slabosti menadžera infrastrukture i nedostatak podataka o troškovima (Santos i dr., 2010). Naplaćivanje korišćenja infrastrukture u bugarskom sistemu uvedeno je bez prethodne reforme računovodstvenog sistema, čime je primenljivost principa zasnovanih na raspodeli troškova dovedena u pitanje (Nikolova, 2008). Reforma mađarskog sistema sprovedena je u uslovima dominacije jednog prevoznika, pri čemu su naknade za pristup mreži i raspodela kapaciteta ostali pod kontrolom vertikalno integrisanog istorijskog prevoznika (Hungarian Competition Authority (GVH), 2013). Ove studije potvrđuju da u takvim sistemima problemi ne proizilaze iz izbora principa naknada, već iz nedostatka preduslova za primenu bilo kog principa.

Države Zapadnog Balkana i jugoistočne Evrope postale su predmet sistematskih istraživanja tek u poslednjoj deceniji. Ograničenja institucionalnih kapaciteta i troškovnih evidencija u regionu dokumentovana su još u radu Bugarinović i Bošković (2015). Na primeru srpskog sistema analiziran je uticaj asimetričnih naknada na konkurenciju na tržištu putničkog prevoza (Stojadinović i dr., 2023; Trifunović i dr., 2024). Komparativni prikazi regiona pokazuju da menadžeri infrastrukture primenjuju jednostavne strukture formula sa jednom ili dve komponente (Dolinayova & Camaj, 2018). Time se potvrđuje zapažanje da sistemi sa ograničenim institucionalnim i troškovnim mogućnostima primenjuju jednostavne modele naknada ne zato što su ti modeli optimalni, već zato što složeniji zahtevaju podatke i administrativne mogućnosti koje takvi sistemi nemaju (Nikolova, 2008; Santos i dr., 2010).

Studije po državama pretežno analiziraju funkcionisanje konkretnog sistema bez ispitivanja da li bi isti model dao slične rezultate u drugačijem okruženju. Ako u sistemu sa razvijenom bazom podataka o troškovima izbor načina utvrđivanja direktnih troškova dovodi do odstupanja u visini naknada do 40% (Henseler, 2021), postavlja se pitanje kakve posledice ima isti izbor u sistemima u kojima takva baza nije razvijena. Pregled literature ukazuje da to pitanje nije rešavano pa čak ni postavljano.

2.5. Istraživanja o naknadama u malim železničkim sistemima

U literaturi o naknadama za korišćenje železničke infrastrukture pretpostavljalo se da se metode i principi razvijeni za velike sisteme mogu primeniti na male bez prilagođavanja. Mali sistemi stoga nisu izdvojeni kao zaseban predmet istraživanja, pa je broj radova koji se njima neposredno bave ograničen, a većina potiče od jedne istraživačke grupe.

Ne postoji opšteprihvaćena klasifikacija koja bi razgraničila male od velikih železničkih sistema prema jednoznačnom kriterijumu. Svetska banka je u studiji o reformi železnica (World Bank, 2005) koristila dužinu mreže i obim saobraćaja kao osnovne pokazatelje, ali bez jasno definisanog praga. Za potrebe ovog pregleda, pod malim sistemima podrazumevani su sistemi sa kratkom mrežom, malim obimom saobraćaja i malim brojem aktivnih prevoznika, poput sistema u Crnoj Gori, Severnoj Makedoniji ili Litvaniji. Formalniji pristup klasifikaciji, zasnovan na indeksu veličine železničkog sistema, razvija se u zasebnom delu disertacije.

Rani radovi koji su razmatrali male sisteme činili su to posredno, u okviru širih analiza. U studiji o reformi železnica (World Bank, 2005) konstatovano je da reformski modeli oblikovani za velike mreže zapadne Evrope nisu prenosivi na sisteme sa ograničenim tržištem, malim brojem prevoznika i zavisnošću od javnog finansiranja. Nash i dr. (2018) su naveli da manje mreže imaju posebne probleme u razvoju složenih sistema naknada zbog ograničenih resursa, ali tu konstataciju nisu razradili. Izveštaj o stanju železničkog transporta na Zapadnom Balkanu (Transport Community, 2023) dokumentovao je da sistemi naknada u regionu ne odražavaju stvarne troškove infrastrukture i da menadžeri infrastrukture nemaju mogućnosti za primenu načina utvrđivanja troškova propisanih Uredbom 2015/909. Svi navedeni radovi potvrđuju postojanje problema, ali ne predlažu način njegovog rešavanja.

Mali sistemi se kao samostalan predmet analize javljaju tek u novijim istraživanjima. Na primeru crnogorskog sistema (mreža od 250 km, jedan aktivni prevoznik) utvrđeno je da se primenjuje jednodielna naknada zasnovana na voznim kilometrima, bez diferencijacije prema tipu saobraćaja, kategoriji pruge ili intenzitetu opterećenja, i da ta naknada pokriva manje od 15% troškova infrastrukture (Bošković i dr., 2016). U pet država Zapadnog Balkana strukture naknada značajno se razlikuju uprkos sličnim karakteristikama mreža, a uzroci su prepoznati u različitim tumačenjima regulatornog okvira i u uticaju EU tela, konsultantskih kuća i donatorskih projekata u odsustvu zajedničkog metodološkog pristupa (Bošković i dr.,

2021). Proširenjem analize na evropske male sisteme utvrđena su zajednička svojstva koja razdvajaju male od velikih sistema, pre svega niska pokrivenost troškova naknadama i odsustvo diferencijacije prema uzročnicima troškova (Bošković i dr., 2022). Isti zaključci izvedeni su i u monografiji o regulatornom okviru železničkog transporta (Bošković, 2020). Ova istraživanja ostaju na opisu zatečenog stanja, bez predloga modela naknade za takve sisteme.

Postupke za rešavanje problema naknada u malim sistemima razvija samo jedan niz radova u pregledanoj literaturi. Polazna tačka tog niza jeste višekriterijumski pristup izboru principa naknada, koji uvažava i ekonomsku efikasnost i mogućnosti sistema da izabrani princip primeni (Bugarinović i dr., 2015). Pristup je razrađen na pitanju utvrđivanja direktnih troškova u uslovima u kojima računovodstveni sistem ne prati troškove prema uzročnicima (Bošković i dr., 2016). Višekriterijumski pristup opravdan je time što izbor strukture naknada u malim sistemima istovremeno mora uvažiti regulatorne zahteve, troškovne evidencije, tržišnu strukturu i administrativna ograničenja. Nijedan od tih elemenata ne može biti obuhvaćen po jednom kriterijumu a da ostali ne budu zanemareni. Zasebna analiza naknada za korišćenje opreme za električnu vuču pokazala je da su ti troškovi u malim sistemima raspodeljeni drugačije nego u velikim, jer fiksne komponente troškova napajanja (održavanje kontaktne mreže, transformatorskih stanica) čine veći udeo kada je obim saobraćaja mali (Malčić i dr., 2019). Taj nalaz potvrđuje da odnosi među troškovima utvrđeni u velikim sistemima nisu prenosivi na male.

2.6. Sinteza pregleda literature

Pregled literature pokazao je da su istraživanja o naknadama za korišćenje železničke infrastrukture obimna i u velikoj meri pokretana regulatornim razvojem u EU, ali da mali železnički sistemi u njima nisu posmatrani kao zasebna kategorija sa ograničenjima svojstvenim tim sistemima.

Ta praznina nastaje sumiranjem nedostataka u svakoj od pregledanih oblasti. Principi formiranja naknada razvijani su pod pretpostavkom da sistem raspolaže mogućnostima za evidenciju troškova, a rasprave o izboru principa ne razmatraju situacije u kojima ta pretpostavka ne važi. Komparativne studije posmatraju evropske sisteme kao jedinstven uzorak, čime nedostatak tih mogućnosti u pojedinim sistemima ostaje neprepoznat kao razlog za različit pristup. Studije po državama pokazuju da čak i u sistemima sa razvijenom troškovnom bazom izbor načina utvrđivanja naknada dovodi do različitih vrednosti, ali nije

ispitano da li ti nalazi važe i za sisteme u kojima troškovna baza nije razvijena jer takvi sistemi nisu prepoznati kao predmet zasebne analize. Radovi o malim sistemima potvrdili su da su ograničenja realna (regulatorni zahtevi oblikovani za sisteme sa drugačijim karakteristikama, troškovne evidencije neprilagođene zahtevima Uredbe 2015/909, tržište sa malim brojem prevoznika) i da višekriterijumski pristup može doprineti rešavanju pojedinih problema. Model koji navedena ograničenja uzima u obzir kao polazišta za oblikovanje strukture naknada u pregledanoj literaturi ne postoji.

Zajednička svojstva malih sistema utvrđena u pregledanoj literaturi osnova su za prvu hipotezu (H1) o zajedničkim strukturnim ograničenjima koja utiču na oblikovanje sistema naknada. Odsustvo celovitog pristupa koji bi objedinio zasebno razvijene elemente osnova je za drugu hipotezu (H2) o mogućnosti razvoja opšteg algoritma za oblikovanje strukture naknada. Osetljivost vrednosti naknada na izbor načina utvrđivanja i na karakteristike mreže osnova je za treću hipotezu (H3) o zavisnosti vrednosti parametara od podataka dostupnih na nivou sistema.

Istraživanje sprovedeno u ovoj disertaciji polazi od tih nedostataka i razvija pristup zasnovan na ograničenjima malih sistema, umesto na prilagođavanju modela oblikovanih za velike mreže.

3. STRUKTURA NAKNADE ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE

3.1. Formulacija i hijerarhija pojmova

Naknada za korišćenje železničke infrastrukture pojmovno se određuje na preseku regulatornog, ekonomskog i tehničkog aspekta. Regulatorni pristup, zasnovan pre svega na propisima Evropske unije, uspostavlja pravni okvir, granice i pravila prema kojima se oblikuje nacionalni sistem naknada. Ekonomski aspekt određuje logiku formiranja naknade kroz izbor troškovnog principa, način alokacije troškova, kriterijume efikasnosti i prenos cenovnih signala na železničke prevoznike, pri čemu je delimično određen propisima EU, a u značajnoj meri prepušten nacionalnom regulatornom i tržišnom izboru. Tehnički aspekt obezbeđuje merljive operativne i infrastrukturne parametre na osnovu kojih se naknada obračunava. Iz njihovog odnosa proizlaze struktura, funkcija i terminologija sistema naknada, pri čemu terminološko uporište pretežno potiče iz regulatornog okvira EU.

Pojmovni aparat kojim se uređuje oblast naknada za korišćenje železničke infrastrukture u Evropskoj uniji oblikovan je u izvornom engleskom jeziku i kao takav predstavlja osnovu regulatorne, ekonomske i stručne terminologije. U sredinama čiji jezici nisu među zvaničnim jezicima Evropske unije, ti pojmovi se postepeno uvode kroz transpoziciju pravnih akata EU u nacionalno zakonodavstvo, njihovu primenu u regulatornoj praksi i preuzimanje u naučnoj i stručnoj literaturi. U tom procesu izvorno regulatorno značenje pojedinih pojmova ne poklapa se uvek sa značenjem koje isti izrazi imaju u opštem, tehničkom ili inženjerskom jeziku, usled čega pojedini ključni termini dobijaju paralelna, a neretko i značenjski različita tumačenja. Zbog toga je u ovoj disertaciji bilo neophodno da se već u ranoj fazi rada jasno odrede značenja osnovnih pojmova u srpskoj terminologiji i njihovo značenjsko usklađivanje sa odgovarajućim terminima u izvornom engleskom jeziku, posebno u delu koji se odnosi na kapacitet infrastrukture i troškove njenog pogoršanja usled kretanja voza.

Pojam kapaciteta železničke infrastrukture u ovoj oblasti ima više značenjskih nivoa, zavisno od konteksta u kojem se koristi. U tehničko-inženjerskom smislu kapacitet se najčešće poistovećuje sa propusnom moći pruge (*line capacity*), odnosno sa maksimalnim obimom saobraćaja koji određena pruga može prihvatiti pod zadatim tehničkim i eksploatacionim uslovima. U regulatornom smislu kapacitet označava raspoloživi broj trasa vozova koje se

mogu dodeliti na određenom delu mreže u zadanom periodu (*infrastructure capacity*), čime predstavlja osnov za raspodelu pristupa infrastrukturi i obračun naknade. U širem, institucionalnom smislu kapacitet označava sposobnost regulatornog tela, menadžera infrastrukture i nadležnih javnih institucija da uspostave, sprovode i nadziru sistem dodele kapaciteta i naplate pristupa infrastrukturi (*institutional capacity*).

Pojam habanja u opštem i tehničkom značenju srpskog jezika najčešće označava mehaničko trošenje materijala usled trenja, kontakta i opterećenja. U oblasti naknada za korišćenje železničke infrastrukture, međutim, ovaj pojam ima šire i preciznije značenje. U železničkoj regulativi Evropske unije izraz *wear and tear* ne odnosi se samo na površinsko trošenje materijala, već na celinu mehaničkih dejstava i oštećenja koja kretanje voza izaziva na infrastrukturnim elementima i koja predstavljaju fizičku osnovu direktnih troškova infrastrukture. U tom smislu, pojam obuhvata abrazivno trošenje glave i bokova šine, zamor materijala u kontaktu točak–šina, plastične i talasaste deformacije vozne površine šine, degradaciju zastora, oštećenja skretničkih elemenata, elektroerozivno habanje kontaktne mreže pri dejstvu pantografa, udarna opterećenja izazvana nepravilnostima na točkovima i deformacije donjeg stroja izazvane kretanjem voza. Ovo značenje formalno je uspostavljeno Uredbom Komisije (EU) 2015/909 (European Commission, 2015), kojom se određuju principi obračuna troškova direktno nastalih kao rezultat saobraćanja voza i iz obuhvata obračuna isključuju svi oblici pogoršanja stanja infrastrukture koji nisu neposredna posledica kretanja voza. Pojam habanja stoga treba razlikovati od pojma propadanja infrastrukture, koji u inženjerstvu održavanja odgovara izrazu *deterioration* i obuhvata i procese nezavisne od saobraćaja, kao što su starenje materijala, hemijska agresija, atmosferski uticaji i opšta amortizacija. U bliskom značenjskom polju nalazi se i pojam degradacije infrastrukture (*degradation*), koji se u savremenoj inženjerskoj literaturi koristi kao širi termin za saobraćajem uslovljene mehanizme habanja i oštećenja infrastrukturnih elemenata. U nastavku rada pojam habanja koristi se upravo u tom, užem regulatorno-ekonomskom značenju, kao zbir svih mehaničkih dejstava i posledica koje kretanje jednog voza proizvodi na železničkoj infrastrukturi.

Pojmovi sistem, struktura, element, komponenta, model, parametar, varijabla i formula imaju različita značenja zavisno od discipline i konteksta. U nastavku se navedeni pojmovi precizno definišu i uspostavlja njihova hijerarhijska povezanost u okviru naknade za korišćenje železničke infrastrukture.

Sistem predstavlja skup međusobno povezanih elemenata organizovanih radi ostvarivanja određene funkcije ili cilja (Bertalanffy, 2015). Ponašanje sistema proizlazi iz interakcije njegovih delova i ne može se svesti na prost zbir pojedinačnih karakteristika. U opštoj teoriji sistema ova postavka označava se pojmom emergencije, odnosno svojstvom celine koje ne postoji na nivou pojedinačnih elemenata.

U okviru železničke infrastrukture, sistem naknada obuhvata pravila, procedure, aktere i formule na osnovu kojih se utvrđuju i naplaćuju naknade za pristup mreži. Akteri sistema su menadžer infrastrukture, železnički prevoznici i regulatorno telo. Pravila proizlaze iz legislativnog okvira Evropske unije i nacionalnih propisa. Sistem naknada ima dvojaku funkciju, jer obezbeđuje prihode menadžeru infrastrukture radi pokrića troškova i istovremeno šalje tržišne signale koji usmeravaju poslovne odluke železničkih prevoznika.

Struktura kao pojam potiče od latinske reči *structura* (slagati, graditi) i označava način na koji su delovi organizovani tako da formiraju celinu sa definisanom funkcijom (Oxford English Dictionary, n.d.). U sistemskoj teoriji struktura se definiše kao raspored elemenata i njihove međusobne veze (Simon, 1996). U odsustvu definisane strukture, elementi čine neorganizovan skup bez jasno prepoznatljive svrhe. Struktura ima dvostruku ulogu jer određuje koji elementi ulaze u sastav sistema i definiše odnose među njima. Prva uloga odnosi se na obim sistema, dok se druga odnosi na njegovu organizaciju. Obe uloge neophodne su za formalno predstavljanje i kvantifikaciju sistema.

Struktura naknade za korišćenje železničke infrastrukture obuhvata sve elemente uključene u obračun naknade i način na koji su ti elementi međusobno povezani. U stručnoj literaturi koristi se i izraz „šema naplaćivanja” (*charging scheme*). Struktura podrazumeva izbor mernih jedinica, definisanje odnosa među elementima i pravila za izračunavanje konačnog iznosa. Prema tome, struktura ne predstavlja spisak elemenata, već skup relacija koje te elemente povezuju u celinu sa jasno određenom svrhom.

Pojmovi **element** i **komponenta** često se koriste kao sinonimi, ali u okviru strukture naknada opravdano je uvesti jasnu razliku između njih. Element predstavlja opšti pojam koji označava pojedinačni deo nekog skupa ili celine (Walden, 2023). Komponenta označava deo sistema sa prepoznatljivom ulogom i funkcijom, koji se može posmatrati kao izdvojena celina sa definisanim ulazima i izlazima (Blanchard & Fabrycky, 2006; Walden, 2023).

U strukturi naknade, elementi predstavljaju pojedinačne veličine koje ulaze u obračun, kao što su dužina trase, masa voza, kategorija pruge, vreme korišćenja ili tip vučnog vozila. Svaki

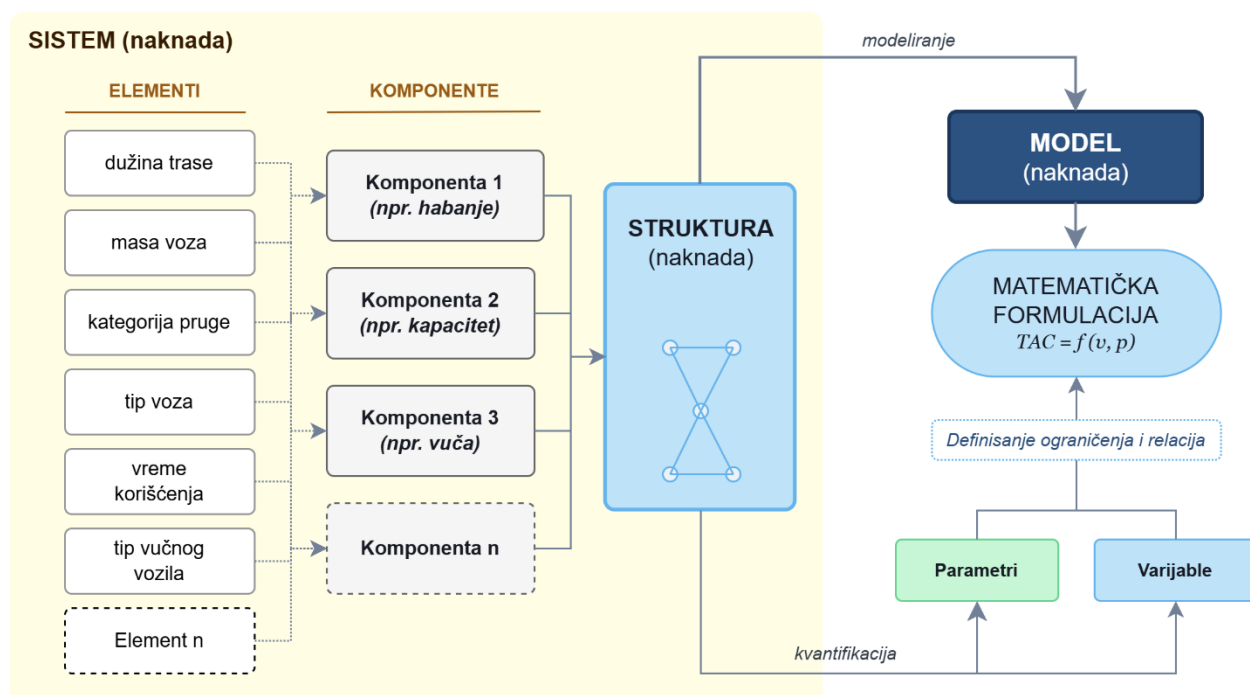
element odražava fizički, tehnički ili operativni aspekt korišćenja železničke infrastrukture. Komponente naknada predstavljaju funkcionalno izdvojene celine koje grupišu troškove prema njihovoj prirodi ili nameni. Relacija između elementa i komponente može se izraziti na sledeći način: komponenta obuhvata jedan ili više elemenata povezanih zajedničkom funkcijom. Na primer, komponenta habanja obuhvata elemente mase voza i dužine trase, jer oba utiču na stepen trošenja infrastrukture.

Elementi se grupišu u komponente prema zajedničkoj funkciji, a komponente čine strukturu unutar sistema naknada. Struktura predstavlja osnovu za formiranje modela, koji se kroz matematičku formulaciju kvantifikuje pomoću parametara i varijabli.

Model predstavlja pojednostavljen prikaz realnog sistema koji omogućava objašnjenje i predviđanje njegovog ponašanja (Sayama, 2015). Realni sistem prevodi se u formu koja zadržava karakteristike koje utiču na ishod, dok se ostale izostavljaju. Model naknada za korišćenje železničke infrastrukture povezuje komponente strukture sa merama korišćenja infrastrukture i definiše kako se na osnovu tih veza izračunava iznos naknada.

Predmet istraživanja jeste modeliranje strukture naknada za MPU. Termin model naknada koristi se u tom značenju, osim kada je reč o širem pojmu sistema naknada.

Hijerarhijska povezanost definisanih pojmova prikazana je na slici 3.1.



Slika 3.1. Konceptualni okvir strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture

Matematički izraz predstavlja simboličku reprezentaciju modela koja prikazuje odnose između veličina kroz definisanu formulu (Hillier & Lieberman, 2015). U okviru naknada, matematički izraz povezuje ulazne veličine (vozne kilometre, bruto-tonske kilometre, kategoriju pruge) sa iznosom naknade kao izlazom. Izbor forme matematičkog izraza određuje koje aspekte sistema je moguće obuhvatiti i kakvu vrstu informacija izraz može dati. Linearni izraz pretpostavlja proporcionalnu vezu između korišćenja i troška, dok složeniji oblici mogu obuhvatiti nelinearne efekte ili međuzavisnosti među veličinama (Casanueva, 2025).

Matematički izraz sadrži tri vrste veličina (Hillier & Lieberman, 2015). **Varijabla** predstavlja veličinu koja se menja od slučaja do slučaja. U formuli naknade, dužina trase i masa voza su varijable jer svaka vožnja ima drugačije vrednosti. **Parametar** je veličina koja ostaje fiksna unutar jednog modela, ali se može razlikovati među modelima ili scenarijima. Jedinična cena po voznom kilometru ili ponder za kategoriju pruge predstavljaju parametre. **Koeficijent** je parametar sa korektivnom funkcijom, a svaki koeficijent jeste parametar, ali nije svaki parametar koeficijent. Koeficijent uvećava ili umanjuje vrednost u zavisnosti od faktora kao što su kvalitet pruge, vrsta voza ili tehničke karakteristike vozila.

U železničkoj literaturi i regulatornoj praksi za matematički izraz kojim se izračunava naknada za korišćenje infrastrukture ustaljen je termin formula za proračun naknade (ECMT, 2005; IRG-Rail, 2020; UIC, 2014a). Termin formula koristi se za konkretan matematički zapis proračuna naknade, dok se pojam matematički izraz zadržava za označavanje nivoa simboličke predstave u hijerarhiji pojmova definisanoj na slici 3.1.

Proračun označava postupak izračunavanja naknade prema definisanoj formuli, dok se obračun odnosi na praktičnu primenu te formule u konkretnom obračunskom periodu.

Pored konceptualne strukture, naknada ispunjava određene funkcije koje proizlaze iz njene pozicije u odnosima između tri aktera: menadžera infrastrukture, železničkih prevoznika i regulatornog tela.

3.2. Funkcije naknada za korišćenje železničke infrastrukture

Posmatrana kao sistem, naknada za korišćenje železničke infrastrukture ima dve osnovne funkcije. Prva je finansijska, jer naknada obezbeđuje prihode menadžeru infrastrukture za pokriće troškova upravljanja i održavanja mreže. Druga je regulatorna, jer se kroz strukturu naknade šalju tržišni signali koji utiču na poslovne odluke železničkih prevoznika.

Iz perspektive železničkog prevoznika, naknada predstavlja trošak pristupa infrastrukturi, dok za menadžera infrastrukture ona predstavlja prihod. Visina i struktura naknade zato utiču na obe strane, odnosno na isplativost usluga prevoza i na finansijsku održivost infrastrukture.

Naknada treba da ispuni više uslova koji proizlaze iz regulatornog okvira i tržišnih odnosa:

- **Nediskriminacija.** Za isti kapacitet i istu uslugu mora biti utvrđena jednaka naknada za sve korisnike. Naknada ne sme favorizovati pojedine prevoznike.
- **Transparentnost.** Pravila obračuna i visina naknade moraju biti javno dostupni i razumljivi svim učesnicima na tržištu.
- **Podsticanje konkurencije.** Struktura naknade treba da omogući ulazak novih prevoznika na tržište i ravnopravno tržišno nadmetanje.
- **Tržišni signali.** Kroz izbor elemenata i njihovo ponderisanje, naknada usmerava prevoznike ka određenom ponašanju, na primer ka povećanju mase voza ili racionalnijem korišćenju kapaciteta.

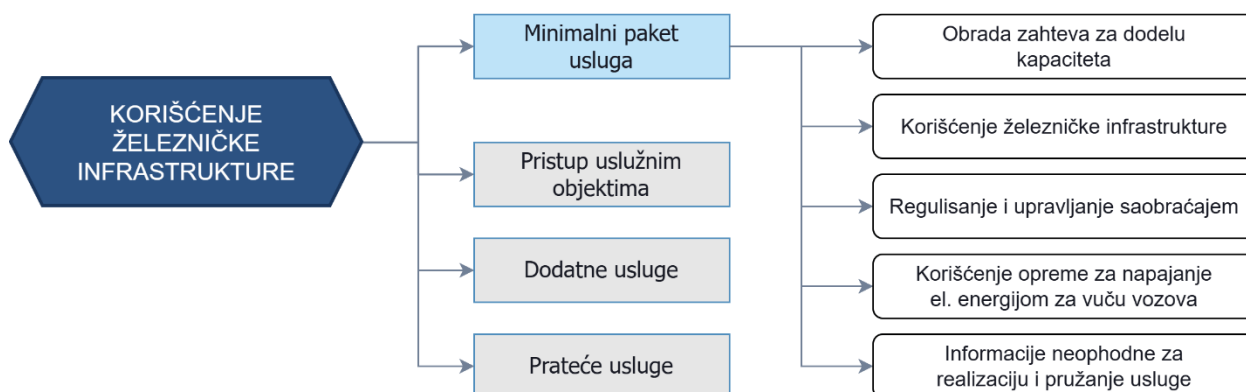
Navedeni uslovi ne deluju uvek u istom smeru. Funkcije naknade ostvaruju se kroz njenu strukturu, a izbor strukture uključuje kompromise. Struktura usmerena ka povećanju prihoda menadžera infrastrukture može povećati trošak pristupa i otežati ulazak novih prevoznika na tržište. Nesklad između nediskriminacije i podsticanja konkurencije pritom je naročito izražen. Jednaka naknada za sve prevoznike formalno ispunjava zahtev nediskriminacije, ali ne uzima u obzir razliku u tržišnom položaju između istorijskog prevoznika, koji raspolaže postojećim voznim parkom, bazom putnika i poznavanjem tražnje, i novog učesnika na tržištu. Asimetrične naknade, kod kojih novi prevoznik privremeno plaća nižu naknadu za pristup infrastrukturi, predstavljaju instrument koji odstupa od jednakog tretmana radi smanjenja razlike u tržišnom položaju između istorijskog i novog prevoznika. Na francuskom tržištu takav mehanizam primenjen je pri ulasku prvog konkurentskog prevoznika na linijama velikih brzina, sa privremenim popustom na naknadu u trajanju od tri godine (Trifunović i dr., 2024). Smanjenje naknade ka nivou marginalnih troškova predstavlja drugi pristup, koji umesto razlikovanja uslova snižava trošak pristupa za sve prevoznike i time povećava ukupnu ponudu na mreži. U Švedskoj i Češkoj niske naknade omogućile su konkurenciju sa više aktivnih prevoznika (Ristić i dr., 2022). S druge strane, struktura koja šalje jasne tržišne signale zahteva više elemenata obračuna, što je čini složenijom. Ostvarenje jednog cilja zato može ići na račun drugog.

Ostvarivanje navedenih funkcija uslovljeno je regulatornim okvirom koji definiše principe i ograničenja u formiranju naknada. Legislativni okvir Evropske unije postavlja zajedničke standarde za sve države članice, ostavljajući prostor za prilagođavanje specifičnostima pojedinačnih železničkih sistema.

3.3. Regulatorni principi formiranja naknada

Principi naplaćivanja železničke infrastrukture u Evropskoj uniji uređeni su Direktivom 2012/34/EU o uspostavljanju jedinstvenog evropskog železničkog prostora (European Parliament & Council of the European Union, 2012) i Uredbom 2015/909 o modalitetima za izračunavanje direktnih troškova (European Commission, 2015). Direktiva 2012/34/EU, poznata kao Recast direktiva, konsoliduje odredbe prethodnih železničkih paketa i uspostavlja pravni okvir za formiranje naknada.

Direktivom se usluge koje menadžer infrastrukture pruža železničkim prevoznicima kategorišu u četiri grupe: minimalni paket usluga, pristup uslužnim objektima, dodatne usluge i prateće usluge (slika 3.2).



Slika 3.2. Kategorije usluga korišćenja železničke infrastrukture

Minimalni paket usluga obuhvata obradu zahteva za dodelu kapaciteta infrastrukture, pravo korišćenja dodeljenog kapaciteta, korišćenje infrastrukture uključujući skretnice i čvorišta, upravljanje saobraćajem i signalizaciju, te informacije potrebne za realizaciju usluge prevoza. Menadžer infrastrukture obavezan je da pruži minimalni paket usluga svakom prevozniku koji ispunjava uslove pristupa mreži.

Pristup uslužnim objektima obuhvata pristup prugom i korišćenje putničkih stanica, teretnih terminala, ranžirnih stanica, koloseka za formiranje vozova, koloseka za gariranje, postrojenja za održavanje i drugih objekata tehničke infrastrukture. Upravljači ovih objekata dužni su omogućiti pristup i korišćenje usluga koje se u njima pružaju pod

nediskriminatorskim uslovima. Naknade za ovaj paket usluga utvrđuju se zasebno od naknade za minimalni paket usluga.

Dodatne usluge podrazumevaju vučnu struju, predgrevanje putničkih vozova, usluge vanrednog prevoza i druge usluge koje prevoznik može, ali ne mora koristiti. Prateće usluge obuhvataju pristup telekomunikacionoj mreži, pružanje dodatnih informacija i tehničku inspekciju voznih sredstava. Za razliku od minimalnog paketa i paketa pristupa uslužnim objektima, pružanje dodatnih i pratećih usluga nije obavezno, ali ako upravljač uslužnog objekta odluči da ponudi drugima bilo koju od tih usluga, mora je pružati svima na zahtev i bez diskriminacije.

Principi naplaćivanja razlikuju se prema kategoriji usluga. Za minimalni paket usluga naknada se obavezno utvrđuje na nivou direktnih troškova nastalih pružanjem železničke usluge, čime direktni troškovi postaju osnova za ovu kategoriju. Pristup uslužnim objektima naplaćuje se prema trošku pružanja pristupa uvećanom za razumnu dobit, pri čemu ukupna naknada ne sme prelaziti taj nivo. Isti princip primenjuje se na dodatne i prateće usluge kada ih pruža samo jedan pružalac, pri čemu naknada ne sme biti viša od troška uvećanog za razumnu dobit. Kada na tržištu postoji više pružalaca ovih usluga, naknada se formira prema tržišnim uslovima.

Direktiva ne propisuje konkretne elemente strukture naknade, niti ograničava način njihovog formiranja (Bošković i dr., 2022; Bugarinović & Bošković, 2016). Heterogenost evropskih železničkih sistema u trenutku liberalizacije uslovlila je ovakav pristup i menadžerima infrastrukture ostavljen je prostor da strukturu naknade prilagode karakteristikama sopstvenog sistema. Rezultat je sloboda u izboru elemenata i njihovom kombinovanju u formulama za proračun naknade, uz poštovanje principa direktnog troška kao osnove za minimalni paket usluga.

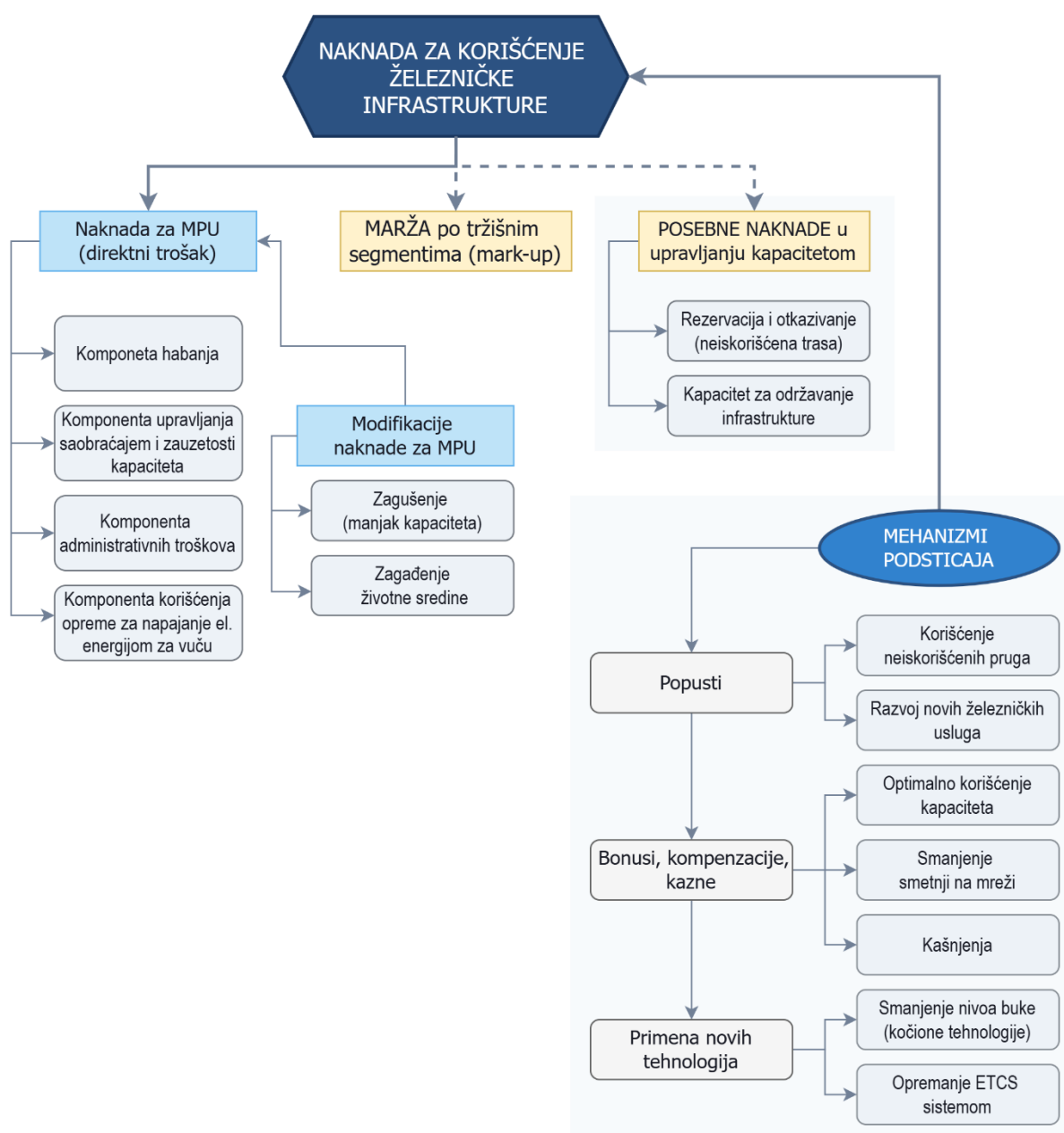
Primena principa utvrđenih legislativnim okvirom zahteva utvrđivanje troškova koji čine osnovu za obračun naknade. Troškovna osnova i njene komponente određuju strukturu naknade i mehanizme diferencijacije prema karakteristikama korišćenja infrastrukture.

3.4. Troškovna osnova formiranja naknada

Tri tradicionalna ekonomska principa formiranja naknade za minimalni paket usluga obuhvataju marginalni trošak (*marginal cost*, MC), marginalni trošak uvećan za maržu (*marginal cost plus mark-up*, MC+) i ukupni trošak (*full cost*, FC) (ECMT, 2005; Nash, 2005;

Rothengatter, 2003). Direktivom 2012/34/EU princip MC uvodi se preko direktnog troška (*direct cost*), koji pokriva stvarne, merljive operative troškove i troškove održavanja neposredno povezane s kretanjem vozova. Marža se dopušta na tržišnim segmentima koji takvo opterećenje mogu podneti, čime se otvara prostor za potpuni povraćaj troškova infrastrukture (*full cost recovery*).

Strukturu naknade za korišćenje železničke infrastrukture čine naknada za minimalni paket usluga zasnovana na direktnim troškovima, marža po tržišnim segmentima, posebne naknade u upravljanju kapacitetom i mehanizmi podsticaja. Njihove međusobne odnose prikazuje slika 3.3.



Slika 3.3. Okvir formiranja naknada za korišćenje železničke infrastrukture

Utvrdjivanje troškovne osnove pretpostavlja postojanje registra imovine (*asset register*), koji obuhvata sve infrastrukturne objekte, uključujući pruge, mostove, tunele, signalizaciju, elektroenergetske sisteme i prateće objekte. Za svaku stavku registra utvrđuje se ekonomska vrednost, koja služi kao osnova za izračunavanje troškova amortizacije, održavanja i obnove. Bez evidentirane vrednosti imovine nije moguće utvrditi realnu cenu njenog trošenja.

Na osnovu navedenih principa, formiranje naknada obuhvata naknadu za minimalni paket usluga zasnovanu na direktnim troškovima, maržu po tržišnim segmentima, posebne naknade u upravljanju kapacitetom i mehanizme podsticaja. Međusobni odnosi navedenih kategorija prikazani su na slici 3.3.

3.4.1. Direktni troškovi i modaliteti njihovog utvrđivanja

Direktni troškovi nastaju kao direktna posledica obavljanja železničke usluge i menjaju se s obimom saobraćaja (Uredba 2015/909). Pretežno se odnose na habanje gornjeg stroja, odnosno šina, skretnica, pragova i zastora, kao i na habanje kontaktne mreže na elektrificiranim deonicama. Promenljivi deo troškova održavanja signalnih, telekomunikacijskih sistema i upravljanja saobraćajem uključuje se u obračun samo u onoj meri u kojoj se može pripisati saobraćaju vozova. Direktni troškovi čine osnovu naknade za minimalni paket usluga.

Članom 5, stav 2 Uredbe propisana je lista parametara prema kojima se jedinična cena modulira radi odražavanja razlika u stepenu fizičkih dejstava na infrastrukturi, među kojima su masa voza, osovinsko opterećenje, neopružena masa, brzina, uzdužna krutost vozila, broj točkova sa ravnim mestima, parametri koloseka i dinamika pantografa. Članom 4 propisana je lista neprihvatljivih troškova, kojom se iz obračuna isključuju oblici pogoršanja stanja infrastrukture koji nisu posledica obavljanja železničke usluge.

Raspodela troškova zasniva se na principu uzročnosti, koji povezuje aktivnosti iz kojih troškovi nastaju sa uslugama čijim se obavljanjem ti troškovi naplaćuju. Tim principom uspostavlja se regulatorni osnov Uredbe 2015/909, a njegova primena pretpostavlja inženjersko i ekonometrijsko razumevanje troškova infrastrukture i omogućava razlaganje naknade po komponentama prema vrstama usluga i tipovima vozila.

Naknada za habanje elemenata infrastrukture (npr. šina, skretnica, pragova i zastora) izražava se bruto-tonskim kilometrima, jer intenzitet trošenja zavisi od mase voza, brzine i pređenog puta.

Upravljanje saobraćajem obuhvata dispečersko upravljanje, signalizaciju i informisanje i vezuje se za vozne kilometre jer ovi troškovi zavise od broja vozova, ne od njihove mase. Za obradu zahteva za kapacitet, planiranje i informatičku podršku izdvaja se administrativna komponenta, koja može biti fiksna ili vezana za broj zahteva.

Korišćenje opreme za napajanje električnom energijom za vuču vozova, na deonicama gde ona postoji, obračunava se prema potrošnji energije ili kao deo naknade po voznom kilometru.

Merna jedinica za svaku komponentu određuje se prema veličini od koje nastanak troška zavisi. Kombinacija bruto-tonskih i voznih kilometara proizlazi iz studija o marginalnim troškovima i primenjena je u većini evropskih železničkih sistema sa dvokomponentnom strukturom naknade.

Uredba 2015/909 ne definiše samo obuhvat direktnih troškova, već propisuje i modalitete za njihovo utvrđivanje. Predviđena su dva modaliteta. Prvi se zasniva na razlici ukupnih troškova MPU i troškova koje Uredba kvalifikuje kao neprihvatljive. Drugi modalitet podrazumeva modeliranje troškova primenom ekonometrijskih ili inženjerskih metoda. Izbor modaliteta zavisi od raspoloživosti podataka, kapaciteta menadžera infrastrukture za sprovođenje analize i zahteva regulatornog tela za dokazivanjem uzročne veze između saobraćaja i troškova.

Modalitet zasnovan na razlici troškova polazi od ukupnih rashoda menadžera infrastrukture za usluge MPU na nivou mreže. Od ovih rashoda izuzimaju se stavke koje Uredba izričito isključuje iz obračuna direktnih troškova, među kojima su fiksni troškovi obezbeđivanja infrastrukture nezavisni od prisustva saobraćaja, režijski troškovi na nivou mreže, finansijski troškovi, troškovi nematerijalnog ulaganja i amortizacija koja nije utvrđena na osnovu stvarnog habanja infrastrukture usled pružanja železničke usluge. Lista neprihvatljivih troškova definisana je članom 4 Uredbe. Ostatak predstavlja direktne troškove, koji se svode na prosečne jedinične vrednosti deljenjem sa ukupnim obimom saobraćaja izraženim u voznim kilometrima, bruto-tonskim kilometrima ili njihovom kombinacijom. Ovaj modalitet odgovara logici metode odozgo nadole, jer polazi od agregatnih troškova i procesom eliminacije dolazi do varijabilnog dela. Osnova za obračun su istorijske vrednosti imovine, a kada ove nisu raspoložive ili su niže od sadašnjih, koriste se sadašnje vrednosti (član 3 Uredbe). Primenljivost ovog modaliteta uslovljena je kvalitetom računovodstvenih sistema menadžera infrastrukture, jer preciznost rezultata

zavisu od sposobnosti sistema da razdvoji troškove po kategorijama dovoljno detaljno da se neprihvatljive stavke mogu pouzdano utvrditi i izuzeti.

Modalitet modelovanja troškova zasniva se na kvantifikaciji uzročne veze između korišćenja infrastrukture i troškova koji iz tog korišćenja proizlaze. Uredba dopušta primenu postojećih ili razvoj novih metoda, pod uslovom da menadžer infrastrukture može regulatornom telu dokazati da su utvrđeni troškovi nastali kao direktna posledica saobraćaja vozova (član 6 Uredbe 2015/909). U praksi se koriste dve grupe metoda. Inženjerske metode polaze od fizičkog odnosa između karakteristika voza i habanja infrastrukturnih elemenata. Kod ekonometrijskih metoda polazište je statistički odnos između troškova i obima saobraćaja na nivou pruge ili deonice (IRG-Rail, 2016).

Inženjerske metode obuhvataju dva komplementarna pristupa. Metoda odozdo nagore procenjuje fizičke mehanizme nastanka troškova. Razmatraju se karakteristike voza (masa, broj osovina, osovinsko opterećenje, brzina, tip kočionog sistema) i njihov uticaj na stepen trošenja šina, pragova, zastora, skretnica i kontaktnog voda. Rezultat je procena troškova po jedinici korišćenja za svaku kategoriju infrastrukturnog elementa. Ovaj pristup omogućava da se uzročnici troškova razumeju na inženjerskoj osnovi, ali oslanjanje na pretpostavke o intenzitetu habanja može dovesti do odstupanja od stvarnih troškova koje beleži menadžer infrastrukture. Metoda odozgo nadole polazi od podataka iz računovodstvenih sistema menadžera infrastrukture. Ukupni troškovi se grupišu po centrima troškova (eksploatacija i upravljanje kapacitetima, signalizacija, građevinski radovi na pruži, nadzemni kontaktni vod), a za svaku kategoriju se procenjuje stepen varijabilnosti u odnosu na obim saobraćaja. Procenu varijabilnosti vrše stručnjaci na osnovu poznavanja uzročne veze između karakteristika vozova i trošenja pojedinačnih elemenata infrastrukture. Na primer, u nemačkom sistemu troškovi su razloženi po centrima troškova, a za svaki je utvrđen procenat varijabilnosti, čime se odvaja deo koji zavisi od saobraćaja od dela koji je fiksno nezavisno od prisustva vozova. Oba pristupa se dopunjuju, jer metoda odozdo nagore utvrđuje uzročnike troškova, dok metoda odozgo nadole verifikuje rezultate na osnovu stvarnih podataka iz računovodstva (IRG-Rail, 2016).

Ekonometrijske metode utvrđuju direktne troškove statističkom analizom odnosa između troškova i veličina koje na njih utiču (Andersson, 2007; Nash, 2017). Zavisnu promenljivu čine troškovi održavanja i obnove na nivou pruge ili deonice za posmatrani period. Nezavisne promenljive obuhvataju obim saobraćaja (bruto-tonske kilometre, vozne kilometre), karakteristike infrastrukture (dužinu pruge, tip šine, broj skretnica, prisustvo

objekata) i geografske karakteristike (klimatske uslove, morfologiju terena). Primenom regresionih modela procenjuje se elastičnost troškova u odnosu na obim korišćenja, odnosno procenat promene troškova koji odgovara jediničnoj promeni saobraćaja. Rezultat analize omogućava izračunavanje marginalnog troška po jedinici korišćenja, koji služi kao osnova za utvrđivanje direktnog troška u smislu Uredbe 2015/909. Pregled studija sproveden u okviru projekta CATRIN (Wheat i dr., 2009) pokazao je raznolikost podataka koje su autori koristili, naročito u pogledu promenljivih koje opisuju stanje infrastrukturnih elemenata. Samo mali broj studija uspeo je da uključi podatke o starosti šina, pragova i zastora, dok podaci o indikatorima geometrije koloseka, lomovima šina i oštećenjima zastora nedostajali su. Ekonometrijski pristup zahteva vremenske serije podataka na nivou pojedinačnih deonica tokom perioda od najmanje nekoliko godina, jer podaci za jednu godinu ne obuhvataju periodične troškove obnove koji se na pojedinim deonicama javljaju u intervalima od deset i više godina (Andersson i dr., 2012).

Oba modaliteta pretpostavljaju podatke čija raspoloživost i kvalitet variraju među železničkim sistemima. Ekonometrijske metode zahtevaju vremenske serije podataka za više godina na nivou pruge, što sistemi sa malim brojem deonica ne mogu obezbediti jer takva mreža ne pruža dovoljno podataka za primenu regresionog modela. Inženjerske metode mogu se primeniti i na mrežama sa manjim brojem pruga, jer ne zavise od veličine uzorka, ali zahtevaju podatke o stanju infrastrukturnih elemenata i stručnu procenu varijabilnosti troškova po kategorijama, što pretpostavlja administrativne i tehničke kapacitete kojima mali sistemi ne raspolažu uvek.

Pored osnovnih komponenti direktnih troškova, naknada za MPU može obuhvatiti dve modifikacije koje odražavaju posebne uslove korišćenja infrastrukture. Modifikacija za zagušenje, predviđena članom 31, stav 4 Direktive 2012/34/EU, odnosi se na situacije u kojima je tražnja za trasama veća od raspoloživog kapaciteta. Cilj ove komponente jeste ekonomsko regulisanje tražnje na preopterećenim deonicama mreže i podsticanje ravnomernijeg korišćenja kapaciteta kroz vremensku i prostornu preraspodelu vožnji.

Modifikacija za zagađenje životne sredine obuhvata eksterne troškove izazvane bukom i emisijama zagađujućih materija. Njeno uvođenje uslovljeno je primenom odgovarajuće naplate i u drumskom saobraćaju. Prihodi ostvareni po ovom osnovu moraju biti transparentno evidentirani i namenski usmereni.

3.4.2. Dodatni instrumenti formiranja naknada

Marža po tržišnim segmentima predstavlja zasebnu kategoriju naknade koju menadžer infrastrukture može uvesti radi pokrića razlike između ukupnih i direktnih troškova. Pravni osnov za uvođenje marže utvrđen je članom 32 Direktive 2012/34/EU. Za razliku od osnovne naknade i njenih modifikacija, marža nije obavezna i primenjuje se samo na tržišne segmente za koje je dokazano da dodatno opterećenje naknadom ne narušava njihovu ekonomsku održivost niti dovodi do gubitka saobraćaja u korist drugih vidova prevoza. Uvođenje marže uslovljeno je prethodnom segmentacijom tržišta i analizom platežne sposobnosti pojedinih kategorija prevoznika. Marža se ne može formirati kao jedinstveni dodatak za sve korisnike ako između tržišnih segmenata postoje bitne razlike u troškovima, cenama ili očekivanom kvalitetu usluge. U praksi se najčešće primenjuje na komercijalne putničke usluge i pojedine teretne segmente sa višom profitabilnošću, dok kod putničkih usluga u okviru ugovora o obavezi javnog prevoza naknada često ostaje blizu nivoa direktnih troškova. Razlike u visini naknade između konvencionalnih pruga i pruga za vozove velikih brzina za komercijalne usluge van režima obaveze javnog prevoza znatno su izražene. Marža na prugama za vozove velikih brzina može višestruko premašiti ukupnu naknadu na konvencionalnoj infrastrukturi, što naknadu čini jednim od značajnih faktora za ulazak novih prevoznika na tržište komercijalnog putničkog prevoza (Trifunović i dr., 2024).

Posebne naknade u upravljanju kapacitetom predstavljaju zasebnu kategoriju koja se ne zasniva na direktnim troškovima korišćenja infrastrukture, već na efikasnosti raspodele kapaciteta. Naknada za rezervaciju i otkazivanje, odnosno za neiskorišćene trase, ima preventivni karakter, jer podstiče efikasno korišćenje kapaciteta i sprečava blokiranje infrastrukturnih resursa. Menadžer infrastrukture može naplatiti naknadu za dodeljeni kapacitet koji nije korišćen, pri čemu kriterijumi za utvrđivanje nekorišćenja moraju biti navedeni u Izjavi o mreži i podložni nadzoru regulatornog tela. Naplata ove naknade obavezna je ako prevoznici redovno ne koriste ceo ili deo dodeljene trase. Pojedini sistemi uveli su mehanizme koji prevazilaze naknadu za neiskorišćene trase. Na primer, španski menadžer infrastrukture raspisao je tendere za pakete kapaciteta na prugama za vozove velikih brzina sa obavezom korišćenja u periodu od deset godina, čime se nekorišćenje trasa ne sankcioniše samo naknadom, već i gubitkom dodeljenog kapaciteta (Montero & Ramos Melero, 2022). Korišćenje kapaciteta u uslovima smanjene propusnosti usled radova na mreži naplaćuje se posebnom naknadom.

Mehanizmi podsticaja predstavljaju instrumente za usmeravanje ponašanja železničkih prevoznika ka ciljevima transportne politike. Za razliku od komponenti naknade koje grupišu troškove prema njihovoj prirodi, ovi mehanizmi imaju regulatornu funkciju, jer ne odražavaju direktno uzrokovane troškove, već stimulišu ili destimulišu određene oblike ponašanja učesnika na tržištu. Obuhvataju tri kategorije: popuste, sistem bonusa i kompenzacija sa kaznama i podsticaje za primenu novih tehnologija.

Popusti predstavljaju sniženja naknade koja menadžer infrastrukture može odobriti železničkim prevoznicima ako su zasnovana na stvarnim uštedama troškova ili na podsticanju racionalnijeg korišćenja mreže. Popusti moraju imati ekonomsku logiku i transparentno opravdanje, bez proizvoljnosti, diskriminacije ili političke motivacije. Dostupni su svim prevoznicima pod jednakim uslovima i definisani u Izjavi o mreži sa jasno navedenim kriterijumima. Primena je ograničena na naknade za određeni deo infrastrukture, a ne za celu mrežu. Prema Direktivi, popusti se mogu primenjivati za korišćenje pruga sa neiskorišćenim kapacitetom, čime se aktiviraju deonice sa malim brojem vozova u odnosu na kapacitet pruge. Vremenski ograničeni programski popusti podstiču uvođenje novih vozničkih linija ili povećanje obima teretnog saobraćaja, dok popusti za racionalno korišćenje kapaciteta usmeravaju prevoznike ka vožnji u vanvršnim periodima.

Sistem bonusa, kompenzacija i kazni uspostavlja se u okviru sistema performansi propisanog članom 35 Direktive i uvodi uzajamnu odgovornost menadžera infrastrukture i železničkih prevoznika za pouzdanost i tačnost saobraćaja. Podsticaji za smanjenje smetnji na mreži nagrađuju prevoznike koji svojim ponašanjem doprinose nesmetanom odvijanju saobraćaja, dok su za smetnje izazvane neodgovornim postupanjem predviđene kazne. Prate se kašnjenja i njihovi uzroci, pri čemu se odgovornost pripisuje strani koja je smetnju prouzrokovala. Ako prevoznik izazove kašnjenje, plaća kaznu menadžeru infrastrukture, a ako menadžer infrastrukture izazove smetnju, isplaćuje kompenzaciju prevozniku.

Osnovna načela ovog sistema primenjuju se bez obzira na veličinu mreže ili obim saobraćaja, što znači da svaki železnički sistem mora uspostaviti makar osnovni okvir praćenja učinka koji obuhvata sve prevoznike i sve relevantne operativne događaje.

Podsticaji za primenu novih tehnologija usmereni su na modernizaciju voznog parka i povećanje interoperabilnosti železničkog sistema. Popusti za smanjenje nivoa buke odobravaju se prevoznicima čija vozila koriste savremene kočione tehnologije, čime se ekonomski stimuliše zamena liveno-gvozdениh kočionih uložaka kompozitnim materijalima.

Prevoznici koji investiraju u opremanje vozova Evropskim sistemom za kontrolu vozova (*European Train Control System*, ETCS) ostvaruju popust na naknadu, čime se podstiče uvođenje standardizovane signalno-sigurnosne opreme na evropskoj železničkoj mreži. Interpretativne smernice Komisije o utvrđivanju naknada za korišćenje železničke infrastrukture (European Commission, 2025b) potvrđuju da se diferencijacije naknada mogu koristiti radi podsticanja efikasnijeg korišćenja infrastrukture, pod uslovom da ne zamenjuju niti prikrivaju obavezu zasnivanja proračuna naknade za minimalni paket usluga na direktnim troškovima.

Komponente troškovne osnove mogu se kombinovati na više načina, što rezultira različitim tipovima struktura naknada. Tipologija struktura uvodi se radi sistematizacije pristupa i omogućava uporednu analizu praksi u evropskim železničkim sistemima.

3.5. Tipologija strukture naknada

Složenost strukture naknada, prema ECMT (2005) i UIC (2014b), određena je brojem elemenata, brojem mernih jedinica i njihovim međusobnim zavisnostima. Na osnovu tih kriterijuma izdvajaju se četiri tipa: jednostavna, jednostavna proširena, multiplikativna i aditivna struktura. Ti kriterijumi istovremeno određuju način na koji je diferencijacija raspoređena u formuli: da li ostaje sadržana u vrednosti jedinične cene, postaje vidljiva kao koeficijent u formuli ili se raspoređuje na zasebne osnove proračuna sa odvojenim jediničnim cenama. Tipologija strukture naknade tako je ujedno i tipologija formule kojom se ta struktura izražava. Sadržaj strukture (koji elementi ulaze u proračun) i tip formule (kako je diferencijacija raspoređena) mogu se posmatrati odvojeno, ali u praksi tip strukture određuje tip formule. Oznake J, J+, M i A odnose se na tip strukture, koji ujedno podrazumeva odgovarajući tip formule za proračun naknade.

Jednostavna struktura koristi jednu mernu jedinicu i jednu jediničnu cenu. Naknada se obračunava kao proizvod obima korišćenja i jedinične cene, bez uvođenja dodatnih parametara ili koeficijenata. Opšti oblik je:

$$TAC = C \times X \quad (3.1)$$

gde je C jedinična cena po meri korišćenja, a X obim korišćenja izražen odgovarajućom mernom jedinicom, na primer voznim kilometrima (vkm) ili bruto-tonskim kilometrima (brtkm). Formula ne razdvaja naknadu na pojedinačne komponente, već primenjuje jedinstvenu cenu na ukupni obim korišćenja. Posledica toga je da formula ne razdvaja

različite izvore troškova ni režime vožnje kao zasebne vidljive članove. Diferencijacija, ako postoji, sadržana je u tabelarnoj vrednosti jedinične cene, a ne u obliku samog izraza.

Jednostavna proširena struktura zadržava jedinični član, ali uvodi klasifikacije i parametre koji menjaju jediničnu cenu ili način merenja obima korišćenja. Opšti oblik je:

$$TAC = C(p, s, q) \times X(p, s, q) \quad (3.2)$$

gde p označava tip prevoza, s kategoriju pruge, a q dodatni parametar (npr. vrstu voza ili režim vožnje). Struktura zadržava obračun u jednom članu, pa se mogućnost kontrole zasniva na jednoj formuli, dok se diferencijacija ostvaruje kroz vrednost dodatnih parametara.

Multiplikativna struktura definiše naknadu kao proizvod osnovne vrednosti i korektivnih faktora. Diferencijacija se ostvaruje koeficijentima koji menjaju jedinstvenu osnovu obračuna u zavisnosti od kategorije pruge, tipa voza, vremena korišćenja i drugih kriterijuma. Opšti oblik formule je:

$$TAC = C \times (X_1 \times X_2 \times K_1 \times K_2 \times K_3) \quad (3.3)$$

gde su X_1 i X_2 osnovni elementi proračuna (npr. dužina trase i masa voza), a K_1 , K_2 i K_3 koeficijenti koji kvantifikuju uticaj tehničkih i eksploatacionih karakteristika, kao što su kategorija pruge, tip voza i vreme korišćenja. Istovremena primena više koeficijenata na istu baznu veličinu omogućava izraženu diferencijaciju, ali otežava razdvajanje uticaja svakog od njih na ukupnu vrednost naknade. Pri povećanju broja koeficijenata ta nepreglednost raste. Ako pritom ne postoji jasna veza između vrednosti koeficijenata i stvarnih troškova menadžera infrastrukture, veza između naknade i tih troškova postaje neproverljiva.

Aditivna struktura razdvaja naknadu na komponente sa odvojenim osnovama obračuna i odvojenim jediničnim cenama. Ukupna vrednost naknade formira se sabiranjem vrednosti po pojedinačnim komponentama. Opšti oblik formule je:

$$TAC = (X_1 \times C_1) + (X_2 \times C_2) + (X_3 \times C_3 \times K_1) + (X_4 \times C_4 \times K_2) \quad (3.4)$$

gde su X_1 , X_2 , X_3 i X_4 elementi proračuna, C_1 , C_2 , C_3 i C_4 jedinične cene koje se odnose na pojedine elemente, a K_1 i K_2 korekcionni koeficijenti (npr. za eksploatacione uslove, tehničke karakteristike ili režim vožnje). Razlaganje formule na članove omogućava razdvajanje osnova proračuna: komponenta za habanje vezuje se za bruto-tonske kilometre, a komponenta za kapacitet za vozne kilometre. Složenost raste sa brojem komponenti i sa

brojem elemenata unutar svake komponente, a zahtevi u pogledu evidencije podataka i kontrole konzistentnosti proračuna rastu zajedno sa brojem članova formule.

U praksi se primenjuju i kombinovani oblici u kojima se karakteristike aditivne i multiplikativne strukture koriste u okviru iste formule. Kombinovani oblik nastaje kada se pojedini članovi aditivne strukture dodatno množe korekcionim koeficijentima, čime se diferencijacija ostvaruje i po osnovama obračuna i po koeficijentima. Na primer:

$$TAC = (X_1 \times C_1 \times K_1 \times K_2) + (X_2 \times C_2 \times K_3) \quad (3.5)$$

Kombinovani oblik ne predstavlja poseban tip već praktičnu varijantu koja se u analizi razvrstava prema dominantnoj logici obračuna.

Tabela 3.1 prikazuje uporedne karakteristike četiri osnovna tipa struktura naknade prema broju komponenti i načinu diferencijacije.

Tabela 3.1. Uporedne karakteristike tipova struktura naknade

| Tip strukture | Broj komponenti | Način diferencijacije |
|----------------------------|---------------------|-----------------------|
| Jednostavna (J) | jedna | nema |
| Jednostavna proširena (J+) | jedna | po parametrima |
| Multiplikativna (M) | jedna (prilagođena) | po koeficijentima |
| Aditivna (A) | više | po komponentama |

Izbor tipa strukture zavisi od ciljeva menadžera infrastrukture, raspoloživosti podataka i administrativnih mogućnosti. Jednostavnija struktura olakšava primenu, ali ograničava mogućnost diferenciranja naknade prema karakteristikama korišćenja. Složenija struktura omogućava precizniju raspodelu troškova, ali povećava zahteve za evidencijom i otežava proveru da li su uvedeni parametri opravdani troškovima i načinom korišćenja infrastrukture. Tip strukture određuje koje se informacije unose u obračun, ali ne i kako korisnik infrastrukture te informacije može da sagleda. Formula za proračun naknade, kao konkretan matematički zapis strukture, ima svojstva koja nisu određena samim sadržajem strukture.

3.6. Funkcije formule za proračun naknada

Matematički izraz nije samo tehnički zapis određene zavisnosti, već definiše šta je moguće utvrditi o sistemu i kakve odluke model može podržati (Langemann i dr., 2018). Tip formule određuje koje veličine model uzima u obzir, kakve veze među njima pretpostavlja i kakvu vrstu informacija pruža korisniku (Arnold, 2010). U oblasti naknada za korišćenje železničke

infrastrukture, izbor formule utiče na tri aspekta: koje karakteristike korišćenja infrastrukture naknada može da odražava, kakve pretpostavke o troškovima su ugrađene u model i kakve podsticaje upućuje železničkim prevoznicima.

Izbor ulaznih veličina određuje koje karakteristike korišćenja infrastrukture naknada može da diferencira. Ako je naknada izražena kao proizvod jedinične cene i voznih kilometara, svi vozovi koji pređu isto rastojanje plaćaju jednaku naknadu bez obzira na masu. Putnički i teški teretni voz u tom slučaju imaju isti obračun za istu trasu, iako teži voz proizvodi veće habanje. Uvođenje bruto-tonskih kilometara kao parametra omogućava diferencijaciju naknade prema masi voza. Parametri stoga nisu neutralni, jer određuju prema kojim karakteristikama je moguće razlikovati intenzitet korišćenja infrastrukture.

Formula određuje i pretpostavljene veze među veličinama. Linearna formula pretpostavlja da je trošak proporcionalan korišćenju, pa ako je masa ulazna veličina, dvostruko veća masa podrazumeva dvostruko veći trošak habanja. Ova pretpostavka može biti zadovoljavajuća za većinu slučajeva, ali ne mora važiti u ekstremnim uslovima. Nelinearne formule mogu obuhvatiti dejstva praga ili zasićenja, ali zahtevaju više podataka za kalibraciju, a njihovo tumačenje je složenije.

Složenija formula ne podrazumeva nužno bolji model. Formula sa velikim brojem članova i koeficijenata može preciznije opisati troškove, ali zahteva detaljne podatke kojima pojedini železnički sistemi često ne raspolažu. Formula zasnovana na nepouzdanim podacima može dati rezultate koji stvaraju utisak preciznosti, ali ne odražavaju stvarne troškove.

Izbor tipa formule zavisi od načina na koji su direktni troškovi utvrđeni. Ako je menadžer infrastrukture primenio inženjersku procenu varijabilnosti po centrima troškova i utvrdio zasebne jedinične troškove za habanje, upravljanje saobraćajem i održavanje kontaktne mreže, aditivna formula sa odvojenim komponentama i odgovarajućim mernim jedinicama ima troškovnu osnovu. Ako su troškovi utvrđeni kao agregatni prosek na nivou mreže primenom prvog modaliteta iz Uredbe 2015/909, formula sa jednom mernom jedinicom i jednom jediničnom cenom bolje odgovara raspoloživim podacima.

Izbor formule stoga podrazumeva kompromis između preciznosti i primenljivosti. Model naknada ne mora sadržavati sve elemente modela velikog sistema. Ako podaci o osovinskom opterećenju nedostaju, formula koja zahteva tu veličinu ostaje neprimenljiva, bez obzira na teorijsku ispravnost takvog pristupa.

3.6.1. Obračunska i signalna uloga formule

Uloga formule koja na osnovu zadatih parametara izračunava iznos naknade definiše se kao obračunska funkcija. Za njeno ispunjenje dovoljno je da formula tačno i ponovljivo izvrši proračun, nezavisno od toga koliko informacija pruža korisniku.

Formula, međutim, nema samo obračunsku ulogu. Bonbright (1961) je u okviru teorije tarifiranja regulisanih mrežnih industrija formulisao princip prema kojem tarifa, pored funkcije naplate, služi i kao sredstvo informisanja korisnika o troškovima koji nastaju korišćenjem mreže. Ako prevoznik iz same strukture formule može da utvrdi koliko povećanje mase voza za jednu tonu menja iznos naknade, formula prenosi cenovni signal vezan za konkretnu dimenziju korišćenja. Razdvajanje takvih signala unutar jedne formule omogućava prevozniku da proceni i prilagodi sopstveno ponašanje na mreži. Sposobnost formule da korisniku infrastrukture učini vidljivom vezu između parametara sopstvenog ponašanja i rezultujućeg iznosa naknade definiše se kao signalna funkcija.

Regulatorni okvir evropskog železničkog tržišta pretpostavlja postojanje signalne funkcije, mada taj pojam ne imenuje. Preambula Direktive 2012/34/EU zahteva da sistem naknada železničkim prevoznicima pruža jasne i dosledne cenovne signale za donošenje racionalnih odluka. Naknade zasnovane na direktnim troškovima prema članu 31 Direktive podrazumevaju da prevoznik može da prepozna vezu između sopstvenog ponašanja na mreži i troškova koji iz tog ponašanja proizlaze, dok instrumenti za upravljanje zagušenjem prema članu 32 pretpostavljaju da korisnik razume cenu zauzeća kapaciteta u periodima povećane tražnje. Podsticajni efekti ovih instrumenata ostvaruju se samo ako formula daje cenovne signale (Nash i dr., 2018). Ukoliko formula ne proizvodi takve signale, podsticajni efekat izostaje čak i kada je naknada formalno transparentna i nediskriminatorna.

Obračunska i signalna funkcija ne moraju biti usklađene. Jednostavna formula sa jednom jediničnom cenom tačno izračunava iznos naknade, ali prevozniku ne pokazuje koliko svaka dodatna tona bruto mase utiče na iznos naknade niti koliki je efekat pomeranja vožnje u drugi vremenski period. Aditivna formula sa razdvojenim komponentama zahteva složeniji proračun, ali rastavlja cenovni signal na sabirke od kojih svaka odgovara zasebnoj dimenziji korišćenja infrastrukture. Nesklad između ove dve funkcije naročito je izražen kod malih železničkih sistema, gde nepotpuni podaci primoravaju menadžera infrastrukture da pojednostavi obračun, čime se sužava prostor za prenošenje razdvojivih cenovnih signala.

Formula za proračun naknade ima i ograničenja nezavisna od tipa. Formula ne sadrži informaciju o ukupnim troškovima menadžera infrastrukture niti o načinu raspodele tih troškova između kategorija korisnika. Način na koji su jedinične cene izračunate i razlozi iz kojih su koeficijenti utvrđeni na datom nivou ne proizlaze iz same formule, već iz metodologije obračuna direktnih troškova i prethodnih regulatornih odluka sadržanih u Izjavi o mreži.

3.6.2. Preglednost formule

Transparentnost sistema naknada, definisana kao javna dostupnost pravila obračuna, predstavlja institucionalni preduslov koji svi analizirani sistemi ispunjavaju. Dva sistema mogu imati podjednako transparentne formule, a da se te formule znatno razlikuju po sposobnosti razdvajanja cenovnih signala koje upućuju prevoznicima.

Potreba za razlikovanjem transparentnosti od sposobnosti formule da prenese cenovne signale potvrđuje se i u širem regulatornom okviru mrežnih industrija. U izveštaju o metodologijama distributivnih tarifa Agencije za saradnju energetske regulatora (ACER, 2021), transparentnost i jednostavnost navode se kao zasebni principi oblikovanja tarifnih sistema, pri čemu se jednostavnost tumači kao sposobnost korisnika da razume kako se formira cena usluge. Ovi principi mogu biti međusobno protivurečni, jer veća usklađenost naknade sa stvarnim troškovima zahteva uvođenje dodatnih parametara, čime se može smanjiti razumljivost formule za korisnika (Schittekatte i dr., 2024).

Sposobnost formule da razdvoji cenovne signale prema dimenzijama korišćenja infrastrukture definiše se kao preglednost. Pregledna formula omogućava korisniku infrastrukture da prepozna uzročno-posledičnu vezu između sopstvenog ponašanja na mreži i dobijenog iznosa naknade, da predvidi kako promena pojedinog parametra utiče na konačan iznos i da utvrdi koji su uticaji pojedinih parametara međusobno nezavisni, a koji uslovljeni jedni drugima. Prevoznik može raspolagati formulom i svim tabelarnim vrednostima parametara, a da pritom nema uvid u to koji su uzročnici troškova korišćenja infrastrukture. Preglednost stoga nije isto što i jednostavnost izračunavanja. Bez razdvajanja cenovnih signala prema dimenzijama korišćenja, formula gubi signalnu funkciju, jer prevoznik ne može da prilagodi sopstveno ponašanje na mreži.

Transparentnost, preglednost i jednostavnost izračunavanja predstavljaju tri različita svojstva formule za proračun naknade. Sistem može biti transparentan a nepregledan,

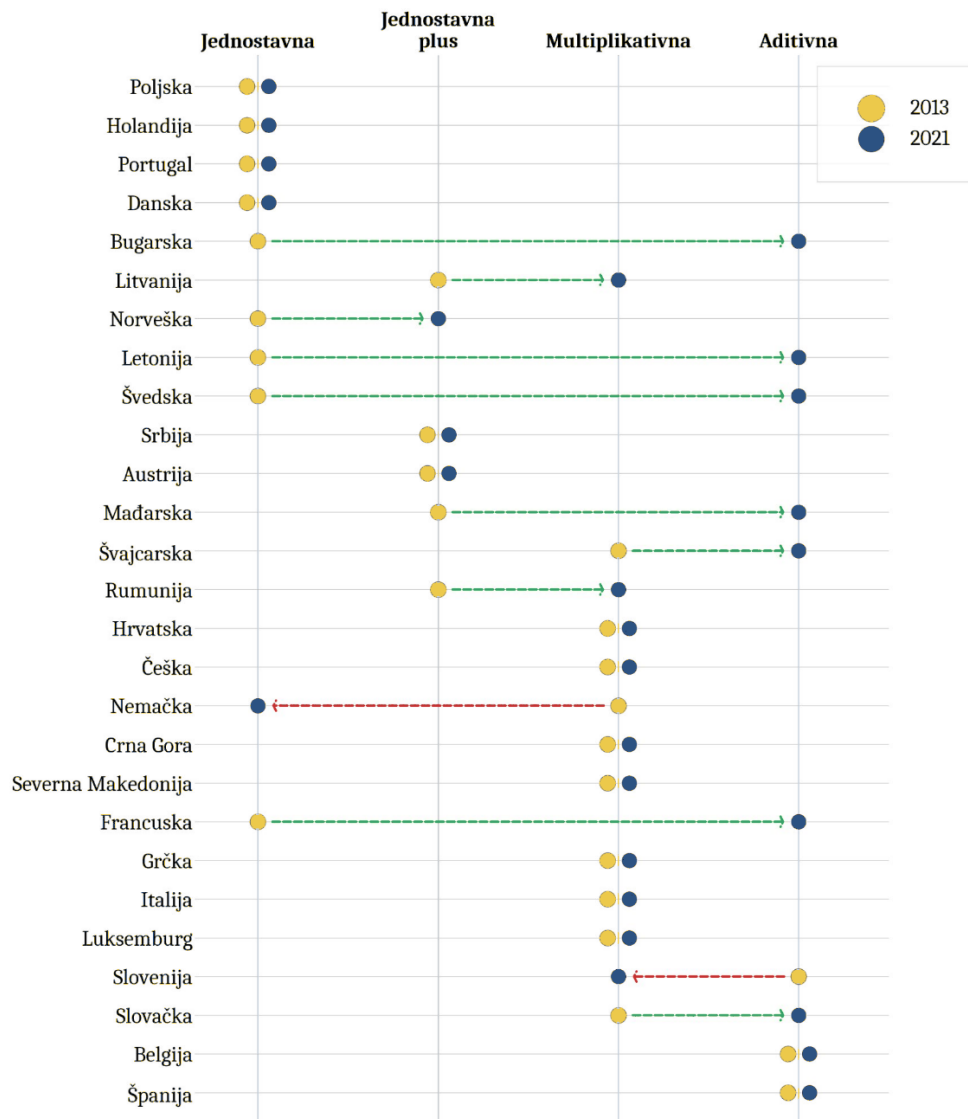
pregledan a složen za izračunavanje, ili jednostavan za izračunavanje a nepregledan. Ova tri svojstva nisu međusobno isključiva, ali u malim sistemima složenija formula koja bolje razdvaja cenovne signale istovremeno zahteva veće resurse za primenu, pa menadžer infrastrukture često mora da odabere između preglednosti i jednostavnosti primene.

3.7. Trendovi u razvoju struktura naknada u evropskim železničkim sistemima

Uporedna analiza nacionalnih praksi ukazuje na prepoznatljive tendencije u promenama struktura naknada u evropskim železničkim sistemima. U periodu od 2013. godine, kada je počela primena Direktive 2012/34/EU, do 2021. godine, četrnaest država zadržalo je isti tip strukture naknade, dok je trinaest država izmenilo strukturu (Bošković i dr., 2021). Pravci promena prikazani su na slici 3.4.

Promena tipa naknada u praksi podrazumeva izmenu same strukture i elemenata na kojima se zasniva proračun. U početnoj fazi posmatranja (2013) dominantan je bio jednostavni tip strukture naknade, dok se do 2021. godine situacija promenila u korist aditivnog tipa, koji je zastupljen u trinaest od ukupno dvadeset sedam analiziranih država. Dve zemlje predstavljaju izuzetke sa suprotnim trendom. Nemačka je prešla sa multiplikativne na jednostavnu strukturu, dok je Slovenija aditivnu strukturu zamenila multiplikativnom. Ovakve promene proizlaze pre svega iz novog načina evidentiranja troškova, ali i iz procesa segmentacije tržišta i usluga.

Broj izmena modela proračuna naknada značajno se razlikuje od države do države. Nemačka je pet puta menjala model naknada, Francuska dva puta, dok su među manjim mrežama Hrvatska menjala formulu za proračun naknade pet puta, a Crna Gora četiri puta. Učestalost promena u manjim sistemima može imati drugačije uzroke nego u velikim sistemima, u kojima su uzroci promena dokumentovani u literaturi. U sistemima sa manjom mrežom i manjim obimom saobraćaja česte promene mogu ukazivati na poteškoće u pronalaženju formule za proračun koja zadovoljava zahteve regulatornog okvira, a istovremeno je primenljiva u okviru ograničenja sopstvenog sistema.



Slika 3.4. Promene tipa strukture naknada u evropskim železnicama u periodu 2013–2021

Tendencija menadžera infrastrukture da se sve više opredeljuju za aditivni tip strukture naknade može se objasniti time što strukture naknada obuhvataju veći broj elemenata nego u prethodnom periodu. Ova promena proizlazi iz preciznije raspodele troškova i unapređenog načina praćenja podataka.

Analiza nacionalnih praksi pokazuje da države sa sličnim mrežnim karakteristikama često primenjuju iste tipove struktura naknada. U zemljama sa manjom gustinom teretnog saobraćaja, kakve su pretežno južnoevropske države, dominira struktura zasnovana na voznom kilometru sa ponderima koji odražavaju karakteristike pruga i kategorije vozova. U državama sa intenzivnijim teretnim saobraćajem i većom gustinom mreže, kakve su srednjoevropske zemlje, češće se koristi kombinacija voznog i bruto-tonskog kilometra. Na oblikovanje struktura naknada istovremeno utiču i drugi faktori: tehnologija rada na mreži, način finansiranja infrastrukture i kvalitet usluge.

Posmatrano u celini, struktura troškova uključenih u naknade odražava zahteve Uredbe 2015/909, ali i poseban način vođenja troškova u računovodstvenim sistemima menadžera infrastrukture pojedinih zemalja. Razumevanje trendova predstavlja višekriterijumski problem, jer zahteva istovremeno sagledavanje ciljeva menadžera infrastrukture, načina vođenja troškova i relevantnih faktora okruženja. Posebno snažan uticaj imaju transportna politika, ugovorne obaveze između države i menadžera infrastrukture, modeli finansiranja putničkog saobraćaja i konkurencija na transportnom tržištu. Ovakvi uslovi doveli su do izražene heterogenosti modela i visine naknada za MPU u okviru jedinstvenog evropskog železničkog prostora.

Strukture naknada, kako na nacionalnom tako i na evropskom nivou, i dalje se nalaze u fazi razvoja i ne pokazuju tendenciju ujednačavanja. Raznolikost evropskog železničkog prostora nameće pitanje da li svi sistemi imaju jednake kapacitete za primenu opisanih struktura naknada. Pojedini sistemi odlikuju se manjom mrežom, nižim obimom saobraćaja i ograničenim resursima. Pre analize struktura naknada u takvim sistemima, neophodno je utvrditi kriterijume za njihovo prepoznavanje i razgraničenje. Naredno poglavlje posvećeno je tom pitanju.

4. IDENTIFIKACIJA I KLASIFIKACIJA MALIH ŽELEZNIČKIH SISTEMA

Regulatorni okvir i proces liberalizacije postavljaju jednake zahteve pred sve evropske železničke sisteme u okviru jedinstvenog evropskog železničkog prostora. Ispunjenje tih zahteva pretpostavlja odgovarajuće institucionalne, tehničke, finansijske i ljudske resurse. Mali železnički sistemi, međutim, uglavnom ne raspolažu potrebnim resursima za primenu istog pristupa i modela u oblastima naknada za korišćenje infrastrukture, restrukturiranja, dodele ugovora o obavezi javnog prevoza i interoperabilnosti. Stoga se postavlja pitanje zbog čega male železničke sisteme treba posmatrati kao posebnu klasu unutar evropskog železničkog prostora i na osnovu kojih obeležja ih raspoznati (Malčić i dr., 2026a).

4.1. Resursi nacionalnih železničkih sistema

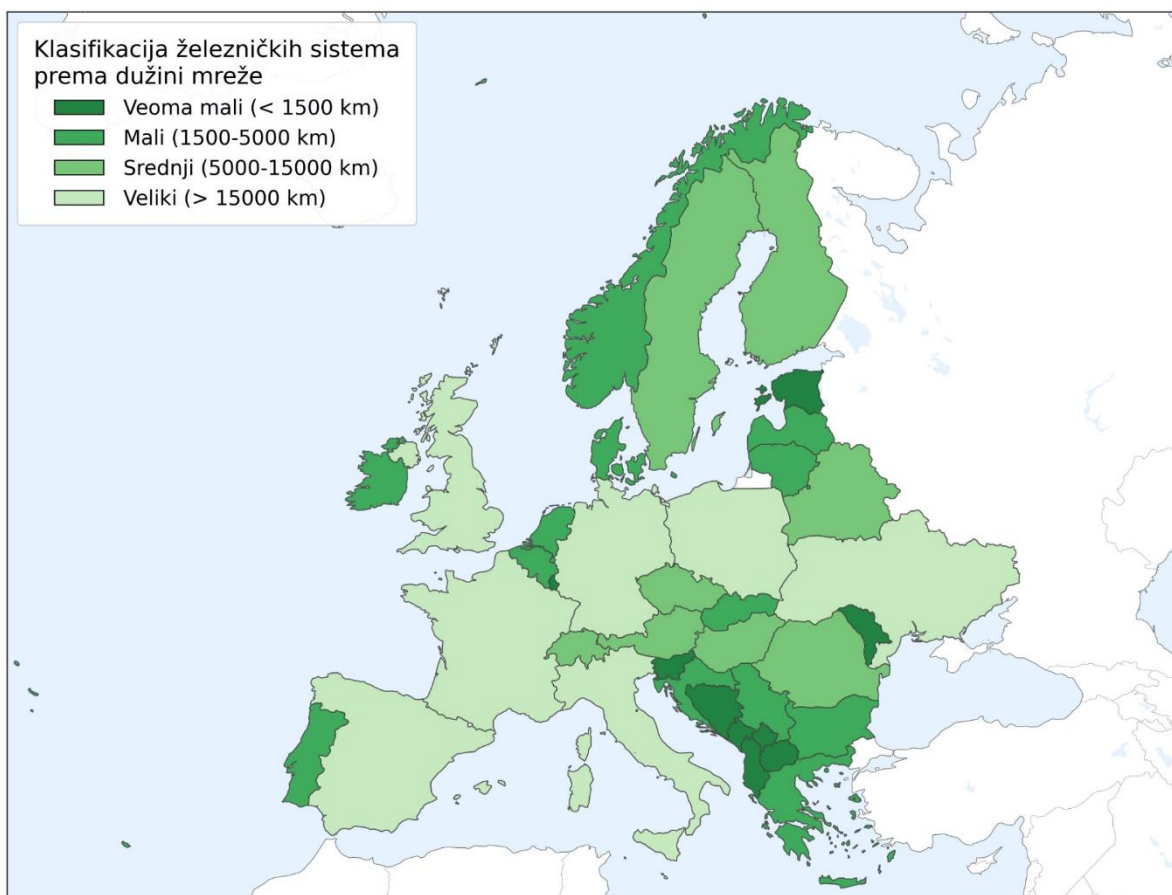
Jedinstveni evropski železnički prostor zasniva se na pretpostavci da svi nacionalni sistemi mogu funkcionisati prema istim pravilima u pogledu konkurencije, pristupa tržištu i tehničke usklađenosti, bez obzira na razlike među njima. Iskustva stečena u procesu transformacije evropskih nacionalnih železnica, međutim, ukazuju na neujednačene rezultate primene zajedničkog regulatornog okvira.

Ova neujednačenost proizlazi iz kombinacije više faktora, među kojima su veličina mreže, obim saobraćaja, institucionalni kapaciteti, finansijske mogućnosti države za podršku razvoju železničkog sektora i tehnička opremljenost mreže. Da bi se utvrdilo koji od navedenih faktora razlikuju sisteme prema sposobnosti ispunjavanja regulatornih zahteva, potrebna je sistematska analiza.

Analiza obuhvata sledeće aspekte funkcionisanja železničkih sistema: veličinu mreže, regulatorni kapacitet, ekonomski kapacitet, obim transporta, naknade za korišćenje infrastrukture, interoperabilnost i obavezu javnog prevoza. Svaki aspekt razmatra se radi utvrđivanja da li i kako utiče na sposobnost sistema da ispuni zahteve evropskog okvira. Posebna pažnja posvećuje se uticaju razmatranih aspekata na modeliranje naknada.

4.1.1. Veličina mreže kao resurs

Posmatrano prema dužini mreže, evropski železnički prostor pokazuje izraženu fragmentisanost i raznolikost.



Slika 4.1. Klasifikacija železnica prema dužini mreže

Raspodela prikazana na slici 4.1 ukazuje na izrazitu asimetriju. Nekoliko velikih sistema raspolaže mrežama više od sto puta dužim od najmanjih evropskih mreža. Ovakav raspon otvara pitanje da li se ista pravila za pristup infrastrukturi i formiranje naknada mogu primeniti na sisteme tako različitih dimenzija.

Veličina mreže određuje okvir unutar kojeg železnički sistem funkcioniše. Mreža manjeg obima ograničava broj trasa koje se mogu ponuditi prevoznicima, sužava mogućnosti za raspodelu kapaciteta i smanjuje potencijal za privlačenje novih učesnika na tržište. Troškovi održavanja infrastrukture raspoređuju se na manji broj voznih kilometara, što dovodi do veće jedinične cene pristupa. Iz perspektive menadžera infrastrukture, to znači ograničen prostor za formiranje naknada koje bi istovremeno pokrivale troškove i bile konkurentne u odnosu na drumski transport.

Dužina pruga utiče i na položaj sistema u evropskoj železničkoj mreži. Države sa manjom dužinom pruga po pravilu imaju manji broj koridorskih deonica uključenih u evropsku mrežu, čime se smanjuje njihova uloga u međunarodnom železničkom transportu. Prevoznici u takvim sistemima ostvaruju ograničen obim saobraćaja, a tržište ostaje nedovoljno razvijeno za stvaranje konkurencije koja bi opravdala složenije modele naknada i razvijenije regulatorne mehanizme.

Ukupna dužina pruga ne govori dovoljno o resursima kojima železnički sistem zaista raspolaže. Dva sistema sa sličnom dužinom pruga mogu se razlikovati po ekonomskoj osnovi, institucionalnom kapacitetu ili obimu saobraćaja. Stoga se taj pokazatelj razmatra kao polazni, ali ne i jedini osnov za klasifikaciju sistema.

4.1.2. Regulatorni kapacitet kao resurs

Evropski pravni okvir, naročito Direktiva 2012/34/EU i njene izmene iz 2016. godine, uspostavlja visoke standarde za rad regulatornih tela u železničkom sektoru. U izveštaju Evropske komisije regulatorni kapacitet prepoznat je kao jedno od glavnih područja neusklađenosti, pri čemu je utvrđeno da regulatorna tela u železničkom sektoru nisu obavljala svoje funkcije i da im nedostaju ljudski, finansijski i administrativni resursi (European Commission, 2021). Ovi problemi posebno su izraženi u malim državama sa ograničenim administrativnim kapacitetima i nedostatkom specijalizovanog kadra.

Da bi regulatorna tela zaista imala uticaj, ona moraju biti nezavisna od političkih struktura, dovoljno finansirana, kadrovski osposobljena i tehnički opremljena. U sistemima sa ograničenim resursima to često nije slučaj, a tri oblasti posebno ukazuju na ovu ograničenost.

Nezavisnost regulatora predstavlja prvu oblast. Iako su mnoga regulatorna tela formalno ustanovljena kao nezavisna, njihova zavisnost od državnog budžeta i političkog uticaja na kadrovska rešenja ozbiljno ograničava stvarnu autonomiju. Primeri Crne Gore i Bosne i Hercegovine, gde je regulatorno telo još uvek u sastavu ministarstva nadležnog za transport, pokazuju koliko je teško uspostaviti institucionalnu nezavisnost u uslovima ograničenih administrativnih kapaciteta. Slične slabosti prisutne su i u pojedinim članicama EU. U baltičkim državama regulatorne institucije jesu formalno izvan ministarstva, ali se njihova nezavisnost testira tek u složenim situacijama, kao što su žalbeni postupci velikih prevoznika (Bois, 2025).

Kapacitet za rešavanje žalbi i nadzor tržišta predstavlja drugu oblast. Regulatorno telo mora imati sposobnost da delotvorno interveniše na tržištu, naročito u pogledu žalbi učesnika, sporova oko pristupa infrastrukturi ili sumnji na diskriminaciju. U sistemima sa ograničenim brojem stručnjaka regulatorno telo raspolaže nedovoljnim tehničkim znanjem iz oblasti signalizacije, standarda tehničkih specifikacija za interoperabilnost (TSI) ili interoperabilnosti, tako da se ni najozbiljniji prigovori ne razrešavaju na odgovarajući način. U pojedinim državama, kao što su Crna Gora i Albanija, regulatorno telo je još uvek u fazi uspostavljanja, pa mehanizam zaštite tržišne konkurencije nije uspostavljen. Čak i u sistemima sa uspostavljenim regulatornim telom zaštita konkurencije može izostati usled intervencije države. U Slovačkoj je vlada neposredno posle ulaska novog prevoznika na tržište uvela besplatan prevoz za decu, studente i penzionere u vozovima istorijskog prevoznika koji saobraćaju u režimu obaveze javnog prevoza, čime je obuhvaćeno 42% stanovništva. Posledica je bila odliv putnika sa komercijalnih usluga, a novi prevoznik je obustavio uslugu (Tomeš & Jandová, 2018).

Usklađenost nacionalne regulative sa evropskom predstavlja treću oblast. Evropske direktive zahtevaju da regulatorno telo ne samo nadgleda rad prevoznika, već i usklađuje aktivnosti sa drugim institucijama, među kojima su tela za bezbednost i tela za izdavanje dozvola. U železničkim sistemima sa slabije razvijenom institucionalnom mrežom takva saradnja često izostaje. Rezultat je da se mnogi zahtevi evropskog pravnog okvira primenjuju sa zakašnjenjem ili selektivno, što dugoročno stvara dodatne prepreke za integraciju u jedinstveni evropski železnički prostor.

Na osnovu izveštaja međunarodnih institucija (European Commission, 2021; IRG-Rail, 2024a) i praktičnih primera iz zemalja Zapadnog Balkana i baltičkih država, uočavaju se sledeće strukturne slabosti regulatornog kapaciteta:

- deficit stručnog kadra, posebno izražen u oblastima regulisanja tržišta, bezbednosti saobraćaja, interoperabilnosti i signalno-komunikacionih tehnologija,
- ograničenost institucionalne nezavisnosti regulatornih tela uzrokovana finansijskom i kadrovskom zavisnošću od matičnih ministarstava,
- odsustvo budžetske i izvršne autonomije, uključujući nemogućnost primene sankcija u slučajevima kršenja regulatornih pravila, i
- nerazvijenost informatičkih sistema za nadzor nad prevoznicima i menadžerima infrastrukture.

Od regulatornog kapaciteta zavisi sposobnost železničkog sistema da se uključi u jedinstveni evropski železnički prostor. Kada taj kapacitet ne postoji ili je nedovoljan, liberalizacija tržišta ostaje samo na nivou propisa, dok pravila konkurencije ostaju neprimenjiva. Bez regulatornog tela sposobnog da otkrije i sankcioniše diskriminaciju u pristupu infrastrukturi, formiranju naknada ili izdavanju licenci, evropski model otvorenog tržišta ostaje neostvaren.

4.1.3. Ekonomski kapacitet države i železničkog sistema

Mada se o liberalizaciji železničkog sektora u Evropi najčešće govori kroz prizmu pravne usklađenosti i regulatornih reformi, jednako značajnu ulogu u tom procesu ima ekonomski kapacitet nacionalnog železničkog sistema. U državama sa ograničenim ekonomskim resursima ova dimenzija otkriva ograničenja koja nisu vidljiva u formalnim dokumentima, ali postaju uočljiva kada se analizira funkcionisanje sektora u praksi.

Za razliku od sistema sposobnih da ostvaruju prihod na osnovu obima transporta i da privuku privatne investicije, železnički sistemi sa malim obimom saobraćaja ostaju finansijski zavisni od države. Veličina tržišta tih sistema ne dostiže nivo potreban za samostalna ulaganja u infrastrukturu, digitalizaciju i modernizaciju. U takvim okolnostima sprovođenje evropskih politika zasnovanih na konkurenciji, interoperabilnosti i tehničkoj standardizaciji ostaje delimično ili potpuno neostvareno.

Veličina tržišta čini jednu od temeljnih dimenzija ekonomskog kapaciteta. U železničkim sistemima sa malim obimom saobraćaja broj korisnika, obim prevezenog tereta i dužina mreže nisu dovoljni za postizanje ekonomije obima. Troškovi održavanja jednog kilometra pruge ne menjaju se značajno sa porastom obima saobraćaja, pa učešće fiksne komponente u jediničnom trošku transporta ostaje znatno više nego u sistemima sa većim obimom. Navedeno se ogleda u finansijskoj neefikasnosti železničkog sektora. Država izdvaja značajna sredstva, putnici dobijaju ograničenu uslugu, a konkurencija izostaje jer tržište ne nudi dovoljno potencijala za ulazak novih prevoznika. Umesto razvoja formira se zatvoreni krug u kome mali obim stvara visoke troškove, visoki troškovi i nedovoljna budžetska pomoć snižavaju učinak, a nizak učinak smanjuje privlačnost sistema.

U sistemima sa malim tržištem država gotovo u potpunosti preuzima finansijsku odgovornost za železnički sektor. Prihodi koje preduzeća ostvaruju od prevoza robe, a naročito od prodaje karata, kod mnogih sistema daleko su ispod stvarnih troškova

poslovanja. Budžetske subvencije, pretežno kroz ugovore o javnoj usluzi, postaju osnovni izvor prihoda železničkih prevoznika u putničkom saobraćaju (European Commission, 2021, 2022). Na taj način železnička preduzeća gube tržišni karakter i funkcionišu više kao produžetak državne administracije nego kao tržišni subjekti. Ovakva zavisnost od javnog novca čini sektor ranjivim na promene političkih prioriteta, fiskalne šokove ili nedovoljnu podršku izvan sektorskih planova. Budžetski transferi pritom često kasne i nepredvidivi su, što dodatno otežava planiranje i razvoj železničkog sektora.

Pored operativnog finansiranja, zaseban izazov predstavlja sposobnost železničkih sistema da obezbede sredstva za ulaganja u infrastrukturu. Standardi koje postavlja evropski regulatorni okvir podrazumevaju stalnu modernizaciju: od primene tehničkih specifikacija za interoperabilnost, preko uvođenja digitalnih sistema upravljanja i kontrole, do unapređenja energetske efikasnosti i bezbednosti.

Za sisteme sa ograničenim resursima ovi zahtevi predstavljaju značajan teret. Kreditna sposobnost i poslovni profil železničkih preduzeća nedovoljni su da budu privlačni za investitore, a državni budžeti su ograničeni. U takvim uslovima modernizacija zavisi gotovo isključivo od pristupa spoljnim izvorima finansiranja, najčešće evropskim fondovima ili međunarodnim razvojnim institucijama. Za zemlje Zapadnog Balkana ulogu primarnog instrumenta ima Investicioni okvir za Zapadni Balkan (*Western Balkans Investment Framework*, WBIF). Ipak, i tu se javljaju prepreke: nedostatak administrativnih kapaciteta za vođenje projekata, sporost u ispunjavanju uslova za korišćenje fondova ili nemogućnost sufinansiranja sa nacionalnog nivoa (WBIF, 2022).

Tabela 4.1. Ekonomski izazovi železničkih sistema sa ograničenim kapacitetima

| Aspekt | Ograničenje |
|-----------------------|--|
| Finansijske operacije | Zavisnost od državnog budžeta i subvencija kroz javne usluge |
| Investicije | Nedostatak sopstvenih sredstava; oslanjanje na EU fondove |
| Ekonomija obima | Visoki troškovi po putniku ili toni zbog malog obima saobraćaja |
| Održivost | Neizvesna budućnost bez stabilnih unutrašnjih izvora finansiranja |
| Efikasnost sistema | Ograničena tržišna dinamika; slaba atraktivnost za privatni sektor |

Ekonomski kapacitet ukazuje ne samo na raspoloživa sredstva sistema, već i na sposobnost da se odgovori na zahteve evropske železničke integracije. Železnički sistemi sa malim ekonomskim kapacitetom, čak i kada postoji politička volja i formalna usklađenost, često nemaju materijalnu osnovu za sprovođenje potrebnih reformi. Zavisnost od budžeta, niska

tržišna aktivnost, ograničen obim saobraćaja i nepovoljni uslovi za ulaganje onemogućavaju potpuno sprovođenje liberalizacije.

4.1.4. Obim transporta

Obim transporta predstavlja jednu od najuočljivijih karakteristika za razlikovanje železničkih sistema. Prati se preko pokazatelja koji, osim što pružaju uvid u operativnu veličinu, odražavaju i tržišnu dinamiku i stepen integracije u evropsku železničku mrežu.

Pokazatelji obima transporta obuhvataju:

- broj prevezenih putnika, koji odražava ukupnu tražnju za putničkim železničkim prevozom i značaj sistema za mobilnost stanovništva,
- ukupnu količinu prevezene robe, koja pokazuje ulogu železnice u nacionalnom i međunarodnom teretnom transportu,
- putničke kilometre (pkm), koji objedinjuju broj putnika i prosečnu dužinu putovanja, odražavajući opterećenost mreže,
- tonske kilometre (tkm), koji kombinuju količinu prevezene robe i rastojanje prevoza, pokazujući ekonomski značaj sistema, i
- broj aktivnih prevoznika, koji odražava tržišnu dinamiku i stepen konkurencije na mreži.

Na osnovu raspoloživih podataka, železnički sistemi u Evropi kreću se u sledećim rasponima:

- broj putnika: ispod 10 miliona (Crna Gora, Albanija, Severna Makedonija, Bosna i Hercegovina, Srbija, Estonija, Litvanija) do preko jedne milijarde (Nemačka, Francuska, Velika Britanija),
- putnički kilometri: ispod 500 miliona (Crna Gora, Albanija, Severna Makedonija, Bosna i Hercegovina, Estonija) do preko 50 milijardi (Poljska, Italija, Španija, Nemačka, Francuska, Velika Britanija),
- ukupna količina prevezene robe: ispod 5 miliona tona (Crna Gora, Albanija, Severna Makedonija, Bosna i Hercegovina, Srbija, Luksemburg) do preko 100 miliona tona (Poljska, Francuska, Velika Britanija, Nemačka), i

- tonski kilometri: ispod 500 miliona (Crna Gora, Albanija, Severna Makedonija, Bosna i Hercegovina, Luksemburg) do preko 50 milijardi (Italija, Španija, Francuska, Velika Britanija, Nemačka).

Na osnovu raspodele empirijskih podataka i kombinacije više pokazatelja, predloženi su pragovi za klasifikaciju železničkih sistema na male, srednje i velike (Malčić i dr., 2026a), prikazani u tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Pragovi klasifikacije osnovnih pokazatelja obima transporta

| Pokazatelj | Male (manje od) | Srednje (opseg) | Velike (više od) |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Putnički kilometri (miliona) | 500 | 500–50.000 | 50.000 |
| Tonski kilometri (miliona) | 500 | 500–50.000 | 50.000 |
| Broj putnika (miliona) | 10 | 10–1.000 | 1.000 |
| Količina robe u tonama (miliona) | 5 | 5–100 | 100 |

Zemlje Zapadnog Balkana i pojedine članice EU sa manjim mrežama prema svim pokazateljima nalaze se ispod donjih pragova. Mali obim transporta direktno utiče na tehničke i finansijske kapacitete za postizanje interoperabilnosti, održivost u uslovima liberalizovanog tržišta, privlačnost za ulazak novih prevoznika i efikasnost naplate naknada za korišćenje infrastrukture. Sistemi sa malim obimom saobraćaja suočavaju se sa nesrazmerom između troškova infrastrukture sa visokim učešćem fiksne komponente i ograničenog operativnog prihoda, što otežava njihovu integraciju u jedinstveni evropski železnički prostor bez korektivnih mehanizama.

Obim transporta predstavlja kvantitativno merljiv aspekt koji omogućava objektivno razgraničenje među železničkim sistemima. Sistemi sa manjim obimom saobraćaja, osim što imaju manje mreže, često imaju i manji broj tržišnih učesnika, što ukazuje na njihovu osetljivost u uslovima liberalizacije na jedinstvenom evropskom prostoru.

4.1.5. Naknade za korišćenje infrastrukture u uslovima ograničenih resursa

Naknada za korišćenje infrastrukture predstavlja instrument u regulisanju odnosa između menadžera železničke infrastrukture i prevoznika. Ovim mehanizmom treba da se obezbedi ekonomska održivost menadžera infrastrukture, racionalna upotreba kapaciteta i ravnopravna konkurencija među prevoznicima. Primena principa nediskriminatornih i troškovno zasnovanih naknada u sistemima sa malim obimom saobraćaja često dovodi do nesrazmernog finansijskog pritiska na železničke prevoznike, naročito na tržištima sa

malom tražnjom, pa naknade postaju prepreka razvoju železničkog tržišta umesto da podstiču njegov razvoj.

Evropski regulatorni okvir propisuje da osnovni nivo naknade bude zasnovan na direktnim troškovima korišćenja infrastrukture, dok je naplata dodatnih naknada dozvoljena u slučaju zagušenja kapaciteta, visokih investicija ili potrebe za podsticanjem pojedinačnih kategorija prevoza (European Commission, 2023). Ovakav pristup, primenjen jednobrazno u različitim tržišnim kontekstima, ne vodi dovoljno računa o ekonomiji obima i strukturi fiksnih troškova u sistemima sa malim obimom saobraćaja.

U državama sa manjom železničkom mrežom i manjim obimom saobraćaja troškovi održavanja i modernizacije infrastrukture raspoređuju se na znatno manji broj voznih kilometara, što dovodi do veće jedinične cene pristupa po voznom ili bruto-tonskom kilometru. Menadžeri infrastrukture, u nastojanju da zadovolje finansijske zahteve, uvode visoke naknade koje često nadmašuju stvarnu platežnu moć prevoznika. Takva struktura opterećuje dominantne nacionalne prevoznike, ali još više obeshrabruje ulazak novih učesnika na tržište, čime se otežava realizacija ciljeva liberalizacije.

Uporedna analiza dostupnih podataka (European Commission, 2021, 2022; IRG-Rail, 2023b) ukazuje na znatne razlike u visini naknada između železničkih sistema. Železničke mreže Crne Gore, Severne Makedonije ili Litvanije beleže naknade od 4,2 do 5,6 evra po voznom kilometru za putničke vozove, dok se u sistemima Nemačke, Italije ili Francuske ti iznosi kreću između 2,0 i 3,1 evra, uz veće subvencije i predvidljivije javno finansiranje kapitalnih troškova (IRG-Rail, 2024a).

U slučaju naknada za teretne vozove razlike su još izraženije. Prosečna naknada u Litvaniji i Estoniji iznosi više od 6 evra po voznom kilometru, dok u Poljskoj, Češkoj i Mađarskoj prevoznici plaćaju između 1,5 i 2,8 evra, zahvaljujući razvijenim režimima kompenzacija i nižem relativnom udelu fiksnih troškova (IRG-Rail, 2023b). Udeo naknada u ukupnim troškovima kod sistema sa manjim obimom saobraćaja može dostići 40% operativnih troškova, dok je u sistemima sa većim obimom taj udeo uglavnom ispod 20% (European Commission, 2025a).

Uprkos formalnoj usklađenosti sa evropskim direktivama, železnički sistemi sa malim kapacitetima često koriste naknade kao instrument kratkoročnog budžetskog prilagođavanja, a ne kao racionalni tržišni signal. Udeo prihoda od naknada u ukupnim prihodima menadžera infrastrukture u pojedinim državama često je manji od 50% (IRG-Rail,

2024a), što ukazuje na to da povišene naknade ne obezbeđuju finansijsku održivost sistema. Umesto toga, one dodatno opterećuju prevoznike, dok infrastruktura istovremeno ostaje nedovoljno održavana i niskog kvaliteta.

Visina naknade često nije povezana sa kvalitetom usluge. Prevoznici plaćaju visoke naknade za pristup slabije održavanim deonicama, što narušava ekonomsku logiku sistema i proizvodi posledicu negativne selekcije, pa opstaju samo oni prevoznici koji imaju institucionalnu ili finansijsku podršku.

Visoke naknade u sistemima sa malim obimom saobraćaja imaju dvostruko negativno dejstvo. Smanjuju konkurentsku sposobnost postojećih prevoznika, naročito u teretnom prevozu koji se suočava sa snažnom konkurencijom drumskog sektora, i predstavljaju prepreku za ulazak novih prevoznika, posebno inostranih, koji nemaju lokalne pogodnosti, čime se učvršćuju dominantne pozicije postojećih učesnika, naročito istorijskih monopolista. Liberalizacija se tako svodi na formalno otvaranje tržišta, bez podsticanja konkurencije.

4.1.6. Tehnička i administrativna interoperabilnost

Interoperabilnost, kao tehnička i operativna usklađenost železničkih sistema na evropskoj mreži, predstavlja osnovnu pretpostavku funkcionisanja jedinstvenog evropskog železničkog prostora. Njome se omogućava slobodno kretanje vozova preko nacionalnih granica bez tehničkih, administrativnih i bezbednosnih prepreka. Primena ove politike, uprkos cilju povećanja efikasnosti i konkurentnosti evropske železnice, pokazuje se kao zahtevna za sisteme sa ograničenim resursima. Ovi sistemi suočavaju se sa visokim troškovima usklađivanja i sistemskim ograničenjima u pogledu tehničke kompatibilnosti.

Tehnička interoperabilnost podrazumeva usklađenost infrastrukture, voznih sredstava i telekomunikacionih sistema sa evropskim standardima, odnosno TSI. Elementi usklađenosti obuhvataju širinu koloseka, signalne sisteme i elektrifikaciju. Železničke mreže u zemljama Zapadnog Balkana, Istočne Evrope i Kavkaza koriste nasledene tehničke sisteme koji nisu usklađeni sa evropskim normama, što otežava njihovu integraciju.

Ograničeni tehnički kapaciteti i nedostatak podrške domaće železničke industrije otežavaju implementaciju Evropskog sistema za upravljanje železničkim saobraćajem (*European Rail Traffic Management System, ERTMS/ETCS*) i produžavaju rokove implementacije interoperabilnih rešenja. Ovi rokovi dodatno se uvećavaju zbog zavisnosti od spoljnog

finansiranja kroz instrumente poput Investicionog okvira za Zapadni Balkan, Svetske banke ili Evropske investicione banke (WBIF, 2022).

Administrativna interoperabilnost obuhvata usklađivanje pravnih okvira, licenci, sertifikacija, bezbednosnih ovlašćenja i operativnih procedura. Države sa ograničenim administrativnim resursima nisu u mogućnosti da brzo harmonizuju zakonodavstvo sa zahtevima Četvrtog železničkog paketa i propisima Agencije EU za železnice, što usporava operativnu integraciju u evropsko tržište. Prosečno vreme potrebno za usvajanje interoperabilnih propisa u državama poput Albanije, Crne Gore i Severne Makedonije iznosi između 4 i 6 godina, uz teškoće u implementaciji usled nedostatka kvalifikovanog kadra i institucionalne prakse (Finger & Messulam, 2015).

Troškovi usklađivanja sa TSI standardima predstavljaju nesrazmerno opterećenje za železničke sisteme sa ograničenim resursima. Sistemi sa većim obimom saobraćaja mogu rasporediti troškove standardizacije na veći broj voznih kilometara i širu mrežu, dok sistemi sa manjim obimom tu mogućnost nemaju. Investicije u ERTMS opremu, prilagođavanje voznih sredstava ili modernizaciju signalnih sistema zahtevaju sredstva koja premašuju kapacitete nacionalnih budžeta, a povrat investicije ostaje neizvestan zbog niskog obima saobraćaja.

Ova asimetrija dovodi do toga da sistemi sa ograničenim kapacitetima usporeno napreduju u implementaciji interoperabilnosti, a u pojedinim slučajevima gube konkurentnost na sopstvenom tržištu. Formira se rizik nastanka sistema sa dve brzine unutar jedinstvenog evropskog železničkog prostora: jednog za visoko razvijene i standardizovane sisteme i drugog za periferno integrisane sisteme.

Interoperabilnost, iako neophodna za koheziju evropske železničke mreže, mora se implementirati uzimajući u obzir stvarne kapacitete pojedinih sistema. Zahtev za punom interoperabilnošću prevazilazi realne institucionalne i finansijske kapacitete određenog broja železničkih sistema. Stepenn dostignute interoperabilnosti stoga predstavlja aspekt koji ukazuje na razlike među sistemima i može poslužiti kao indikator za njihovu klasifikaciju.

4.1.7. Obaveza javnog prevoza i ugovori o javnoj usluzi

Obaveza javnog prevoza (*Public Service Obligation*, PSO) predstavlja instrument za obezbeđivanje dostupnosti, kontinuiteta i kvaliteta usluga prevoza putnika od opšteg interesa. Ova obaveza realizuje se kroz ugovore o javnom prevozu između nadležnih tela i

železničkih prevoznika. Evropski regulatorni okvir, utvrđen Uredbom (EZ) br. 1370/2007 i njenom izmenom iz 2016. godine (Uredba (EU) br. 2016/2338), nastoji da uspostavi transparentne, konkurentne i ekonomski racionalne modele za dodelu i finansiranje ovih ugovora (European Parliament & Council of the European Union, 2007, 2016). Jednaka primena ovih pravila na sve države članice EU i zemlje sa statusom kandidata, bez uvažavanja specifičnih institucionalnih i tržišnih kapaciteta, stavlja sisteme sa ograničenim resursima u nepovoljan položaj (Finger & Messulam, 2015).

Železničke sisteme sa ograničenim kapacitetima karakterišu ograničenja koja umanjuju efektivnost primene opštih evropskih pravila o ugovorima o javnom prevozu. Institucionalni kapaciteti javnih tela zaduženih za pripremu i dodelu ugovora u ovim sistemima su nedovoljni. Nedostatak stručnog kadra, ograničeni administrativni resursi i slaba koordinacija između sektorskih tela otežavaju primenu konkurentnih postupaka i postavljanje ciljeva orijentisanih na poboljšanje performansi usluga prevoza putnika.

Tržišna struktura u sistemima sa ograničenim obimom saobraćaja je nerazvijena, sa jednim istorijskim prevoznikom u prevozu putnika i ograničenim brojem alternativnih ponuđača. Konkurencija u postupcima dodele je nominalna, a ugovori se dodeljuju direktno, uz nisku transparentnost. U takvim okolnostima dodela ugovora predstavlja kontinuitet prethodnih monopola, a ne tržišno testiranje potreba javne usluge prevoza putnika.

Finansijski kapaciteti za pokrivanje troškova javne usluge su ograničeni, što se odražava kroz neadekvatne kompenzacije, odlaganje plaćanja i slab monitoring rezultata. U odsustvu definisanih pravila ugovori se oslanjaju na političku volju i bilateralne odnose, umesto na evaluaciju troškovne efikasnosti.

Analiza prakse pokazuje razlike u pristupima i kvalitetu ugovora među železničkim sistemima. Srbija, Crna Gora i Severna Makedonija praktikuju direktnu dodelu ugovora bez prethodnog tržišnog testiranja (Transport Community, 2023). Ugovori se sklapaju sa istorijskim prevoznicima, uz minimalne zahteve u pogledu kvaliteta usluge ili izveštavanja.

Litvanija i Estonija formalno sprovode konkurentne postupke, ali se oni u praksi svode na jednog učesnika. Slovenija i Hrvatska su inicirale javne pozive, ali je tržišna dinamika ostala ograničena. Većinu ugovora karakteriše nizak nivo pokazatelja učinka, odsustvo mehanizama sankcija i slaba integracija povratnih informacija.

Ovi nalazi potvrđuju da funkcionalnost ugovora u pojedinim sistemima ostaje upitna, čak i uz usklađenost sa formalnim zahtevima Uredbe 1370/2007. Bez institucionalne, tehničke i

tržišne osnove, dodela ugovora o javnom prevozu kao tržišni instrument postaje formalnost bez reformskog kapaciteta zbog kojeg je mehanizam uveden.

Uzimajući u obzir navedeno, postavlja se pitanje da li jednoobrazni regulatorni okvir za dodelu ugovora zadovoljava principe delotvornosti i proporcionalnosti. Umesto insistiranja na identičnoj primeni modela konkurentne dodele, potrebno je razmotriti prilagođene modele koji uzimaju u obzir institucionalne slabosti, ograničeno tržište i marginalizovan status železnice u nacionalnim politikama pojedinih država. Cilj nije snižavanje standarda, već njihovo prilagođavanje specifičnostima sistema kroz mehanizme primenjive u uslovima u kojima standardni modeli ne ostvaruju očekivane efekte.

4.2. Metodološki okvir za identifikaciju malih železničkih sistema

Kvalitativna analiza omogućava razumevanje mehanizama kojima pojedini aspekti utiču na sposobnost železničkog sistema da ispuni zahteve evropskog regulatornog okvira, ali ne pruža osnovu za sistematsku klasifikaciju i poređenje sistema. Prelazak na kvantitativnu klasifikaciju zahteva prevođenje utvrđenih aspekata u merljive indikatore. U tu svrhu razvija se kompozitni indeks koji objedinjuje više pojedinačnih indikatora u jedinstvenu meru, čime se omogućava kvantitativno zasnovano rangiranje železničkih sistema i formiranje homogenih grupa za komparativnu analizu.

4.2.1. Kompozitni indeksi: pojam i primena

Metodološki priručnik OECD i Zajedničkog istraživačkog centra Evropske komisije (OECD/JRC, 2008) predstavlja referentni okvir za konstrukciju kompozitnih indikatora u oblasti javnih politika. Prema priručniku, kompozitni indikator definiše se kao matematička kombinacija pojedinačnih indikatora kojima se zajedno opisuje višedimenzionalni fenomen neobuhvatljiv jednim pokazateljem. Pod pokazateljem, odnosno indikatorom, podrazumeva se mera kojom se prikazuje stanje, promena stanja sistema ili dostizanje cilja (Bugarinović, 2024). Kada se takva kombinacija koristi za rangiranje i poređenje jedinica posmatranja, uobičajeno se naziva kompozitnim indeksom.

Kompozitni indeksi primenjuju se za merenje pojava kao što su konkurentnost, održivi razvoj, inovativnost ili stepen liberalizacije. Zajednička karakteristika ovih pojava jeste višedimenzionalnost. Nijedan pojedinačni indikator ne može samostalno obuhvatiti sve relevantne aspekte. Agregiranjem više indikatora u jedinstvenu meru omogućava se

sažimanje složenih pojava, poređenje jedinica posmatranja i praćenje promena tokom vremena.

Metodološki okvir navodi prednosti kompozitnih indeksa: sažimanje složenih višedimenzionalnih pojava radi podrške odlučivanju, omogućavanje poređenja performansi jedinica posmatranja, isticanje pitanja učinka u javnoj raspravi i olakšavanje komunikacije sa širom javnošću (OECD/JRC, 2008).

Istovremeno, smernice upozoravaju na rizike. Loše konstruisan indeks može slati pogrešne poruke i navoditi na pojednostavljene zaključke. Izbor indikatora i pondera može postati predmet osporavanja, a agregirani rezultat može prikriti ozbiljne nedostatke u pojedinim dimenzijama. Zbog navedenih rizika, konstrukcija kompozitnog indeksa zahteva sistematizovan metodološki postupak sa jasno definisanim i dokumentovanim koracima.

Definiše se deset koraka konstrukcije kompozitnog indeksa:

1. Teorijski okvir
2. Izbor podataka
3. Popunjavanje nedostajućih podataka
4. Multivarijantna analiza
5. Normalizacija
6. Ponderisanje i agregacija
7. Analiza neizvesnosti i osetljivosti
8. Dekompozicija rezultata
9. Veze sa drugim varijablama
10. Vizualizacija i predstavljanje rezultata

Izbori načinjeni u jednom koraku imaju posledice na naredne, te doslednost celokupnog postupka ima jednaku važnost kao i metodološka ispravnost pojedinačnih koraka. Konstrukcija indeksa prati navedeni redosled, uz prilagođavanja koja proizlaze iz posebnosti železničkog sektora i raspoloživosti podataka.

Kompozitni indeksi primenjuju se u železničkom sektoru za merenje stepena liberalizacije i ukupnih performansi sistema. Dva indeksa predstavljaju metodološki relevantne primere.

Indeks liberalizacije železnice (*Rail Liberalisation Index*, RLI) objavljen je u četiri izdanja u periodu od 2002. do 2011. godine, pri čemu je metodološki okvir ostao nepromenjen (IBM Global Business Services, 2011). Indeks meri stepen otvaranja železničkog tržišta u evropskim zemljama objedinjavanjem tri komponente: zakonodavnog okvira (LEX),

pristupa tržištu u praksi (ACCESS) i stepena konkurencije (COM). Zakonodavni okvir čini 20% ukupne ocene, dok pristup tržištu i stepen konkurencije zajedno nose preostalih 80%. Uzorak zemalja proširivan je sa svakim izdanjem, od prvobitnih 17 (EU-15, Švajcarska i Norveška) do 29 (EU-27, Švajcarska i Norveška) u poslednjem izdanju.

Indeks performansi železnice (*Railway Performance Index*, RPI) objavljen je u tri izdanja u periodu od 2012. do 2017. godine i ocenjuje ukupne performanse evropskih železničkih sistema kroz tri dimenzije: intenzitet korišćenja, kvalitet usluge i bezbednost. Sve tri dimenzije zasnovane su na objektivnim pokazateljima iz baze podataka UIC. Metodologija pokazuje pristrasnost prema velikim sistemima jer dimenzija kvaliteta usluge uključuje udeo putnika u brzim vozovima, koji su zastupljeniji u mrežama velikih zemalja (Boston Consulting Group, 2017).

Oba indeksa ilustruju primenu metodologije kompozitnih indeksa u železničkom sektoru, ali mere pojave različite od one koja je predmet klasifikacije. Indeks liberalizacije usredsređuje se na regulatorni i tržišni aspekt, dok Indeks performansi meri izlazne performanse. Za prepoznavanje malih sistema potreban je indeks koji obuhvata kapacitet sistema za primenu regulatornog okvira, što zahteva konstrukciju novog indeksa prilagođenog tom cilju.

4.2.2. Koncept i naziv indeksa

Polazna tačka za dimenzionisanje indeksa jeste potreba za objektivnim prepoznavanjem malih železničkih sistema. Početnom koncepcijom predviđen je razvoj indeksa kompleksnosti železničke mreže, kojim bi bila merena zahtevnost okruženja u kojem menadžer infrastrukture oblikuje sistem naknada. Složenija mreža, prema ovoj logici, zahteva i složeniji model naknada.

Analizom aspekata funkcionisanja železničkih sistema ukazano je na ograničenja ovog koncepta. Kompleksnošću mreže obuhvataju se prevashodno tehničke karakteristike infrastrukture (raznolikost pruga, stepen elektrifikacije, broj čvorova), ali zanemaruju se institucionalni, ekonomski i tržišni faktori kojima se određuje sposobnost primene složenijih modela naknada. Tehnički jednostavna mreža može funkcionisati u razvijenom institucionalnom okviru sa otvorenim tržištem, dok kompleksna mreža može zaostajati u liberalizaciji.

Iz navedenih razloga, koncept kompleksnosti železničke mreže proširen je na koncept veličine železničkog sistema. Termin „veličina” ne odnosi se isključivo na fizičku dimenziju

mreže, već na ukupnost resursa kojima sistem raspolaže za primenu složenijih modela naknada. Železnički sistem sa većim resursima može primeniti složeniju formulu za proračun visine naknada, dok mali sistemi za to nemaju mogućnosti. Pod veličinom železničkog sistema podrazumeva se sposobnost da se na višem ili nižem nivou primene principi utvrđivanja naknada za korišćenje infrastrukture, čime se otvara pitanje koja složenost formule odgovara malim železnicama.

Ovakav pristup proizašao je iz prepoznavanja strukturnih ograničenja malih železnica pri sprovođenju reforme evropskog železničkog sektora, razmatranih kroz analizu resursa nacionalnih železničkih sistema.

Indeks je nazvan **Kompozitni indeks veličine železničkog sistema** (*Composite Railway System Size Index, CRSSI*).

4.2.3. Dimenzije i potencijalni indikatori CRSSI

Za potrebe ovog rada i određivanja strukture naknada razvijen je jednostavan i ograničen kompozitni indeks veličine železničkog sistema zasnovan na pet dimenzija: infrastrukturnoj, operativnoj, ekonomskoj, institucionalnoj i tržišnoj. Za svaku dimenziju utvrđeni su potencijalni indikatori na osnovu analize resursa nacionalnih železničkih sistema i raspoložive literature.

Dimenzija D1 (infrastrukturna) opisuje fizički obim železničke mreže. Potencijalni indikatori obuhvataju dužinu mreže, gustinu mreže, udeo elektrifikacije, udeo dvokolosečnih pruga, udeo pruga sa ETCS i udeo pruga na transevropskoj transportnoj mreži (Trans-European Transport Network, TEN-T).

Dimenzija D2 (operativna) odražava intenzitet korišćenja infrastrukture. Potencijalni indikatori obuhvataju ukupne vozne kilometre, putničke kilometre, tonske kilometre i gustinu saobraćaja.

Dimenzija D3 (ekonomska) odnosi se na finansijske resurse dostupne sistemu za održavanje i razvoj infrastrukture. Potencijalni indikatori obuhvataju bruto domaći proizvod (BDP) po stanovniku, troškove menadžera infrastrukture po kilometru mreže, ukupne prihode menadžera infrastrukture po kilometru mreže, udeo prihoda od naknada u ukupnim prihodima menadžera infrastrukture i investicije u infrastrukturu po kilometru mreže.

Dimenzija D4 (institucionalna) odražava stepen usklađenosti organizacione strukture sistema sa zahtevima regulatornog okvira. Institucionalni kapacitet je izrazito razuđen, pa

zahteva veći broj indikatora. Potencijalni indikatori obuhvataju stepen vertikalne separacije delatnosti menadžera infrastrukture i prevoznika, nezavisnost regulatornog tela, model dodele ugovora o javnom prevozu i broj zaposlenih u regulatornom telu.

Dimenzija D5 (tržišna) obuhvata rezultate liberalizacije. Potencijalni indikatori su broj aktivnih železničkih prevoznika na mreži i udeo novih učesnika u ukupnom obimu saobraćaja.

Kriterijumi za izbor indikatora definisani su na osnovu smernica iz metodološkog okvira za konstrukciju kompozitnih indeksa (OECD/JRC, 2008) i specifičnosti železničkog sektora:

1. Teorijska relevantnost podrazumeva jasnu vezu između indikatora i dimenzije koju meri u pogledu sposobnosti za primenu složenijih struktura naknada.
2. Dostupnost podataka uslovljava da podaci postoje za sve zemlje u uzorku, uz mogućnost primene zamenskih mera (*proxy*) sa odgovarajućim obrazloženjem.
3. Uporedivost znači da se indikator meri na isti način u svim zemljama, oslanjanjem na harmonizovane izvore podataka (Eurostat, IRG-Rail, UIC).
4. Diskriminatorna sposobnost zahteva da indikator pokazuje raspon vrednosti između zemalja, čime se omogućava razlikovanje sistema prema posmatranoj karakteristici.

4.2.4. Izbor i provera indikatora

Primenom definisanih kriterijuma izvršen je izbor potencijalnih indikatora. Od dvadeset jednog razmatranog indikatora, osam je isključeno, a tri su objedinjena u jedan. Tabela 4.3 prikazuje rezultate izbora sa obrazloženjem statusa svakog indikatora.

Tabela 4.3. Izbor indikatora CRSSI sa obrazloženjem statusa

| Dimenzija | Potencijalni indikator | Status | Obrazloženje |
|--|--------------------------|---------------------------|--|
| Infrastrukturalna (D ₁) | Dužina mreže | Zadržan (I ₁) | Najdirektnija mera fizičkog obima sistema |
| | Gustina mreže | Isključen | Sadržana u odnosu veličine mreže i obima prevoza |
| | Udeo elektrifikacije | Isključen | Sadržan u odnosu veličine mreže i obima prevoza |
| | Udeo dvokolosečnih pruga | Isključen | Sadržan u odnosu veličine mreže i obima prevoza |
| | Udeo pruga sa ETCS | Isključen | Nedostupnost podataka za sve zemlje u uzorku |

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--|
| | Udeo pruga na TEN-T | Isključen | Neprimenjivo za zemlje van EU |
| Operativna (D_2) | Vozni kilometri | Isključen | Zamenjen pokazateljem transportnog rada (pkm + tkm) |
| | Putnički kilometri | Objedinjen | Ulazi u $O_1 = pkm + tkm$ |
| | Tonski kilometri | Objedinjen | Ulazi u $O_1 = pkm + tkm$ |
| | Gustina saobraćaja | Isključen | Sadržana u odnosu transportnog rada i veličine mreže |
| Ekonomska (D_3) | BDP per capita | Zadržan (E_1) | Mera opšteg ekonomskog okruženja |
| | Troškovi MI po km | Isključen | Nedostupnost podataka za sve zemlje u uzorku |
| | Ukupni prihodi MI po km | Isključen | Nedostupnost podataka za sve zemlje u uzorku |
| | Udeo naknada u prihodima MI | Isključen | Viši udeo ne korelira jednoznačno sa veličinom sistema |
| | Investicije po km mreže | Zadržan (E_2) | Meri razvojni kapacitet (petogodišnji prosek) |
| Institucionalna (D_4) | Stepen vertikalne separacije | Zadržan (N_1) | Meri organizacionu usklađenost |
| | Nezavisnost regulatornog tela | Zadržan (N_2) | Meri regulatorni kapacitet |
| | Model dodele PSO ugovora | Zadržan (N_3) | Meri sposobnost tržišne dodele javnih usluga |
| | Zaposleni u regulatornom telu | Zadržan (N_4) | Meri operativni kapacitet regulatora |
| Tržišna (D_5) | Broj aktivnih prevoznika | Isključen | Visoka korelacija sa dužinom mreže |
| | Udeo novih učesnika na tržištu | Zadržan (M_1) | Meri ukupnu otvorenost tržišta |

Indikator udeo naknada u prihodima menadžera infrastrukture isključen je iz konačnog skupa jer ne ispunjava kriterijum diskriminatorne sposobnosti pri merenju veličine sistema. Pretpostavka da viši udeo naknada u prihodima menadžera infrastrukture ukazuje na manju veličinu sistema pokazala se kao neodrživa pri empirijskoj proverbi. Zemlje sa niskim udelom naknada (ispod 10%) obuhvataju i sisteme sa nerazvijenim mehanizmom naplate (Srbija sa udelom od 5%, Hrvatska sa 8%) i sisteme sa razvijenom finansijskom podrškom države (Austrija sa udelom od 3%). Obrnuta normalizacija obe grupe zemalja svrstava u isti raspon normalizovanih vrednosti (iznad 0,90), čime se gubi razlikovanje dve suštinski različite situacije. Na suprotnom kraju raspona, sistemi sa visokim udelom naknada (Grčka sa 91%, Litvanija sa 93%) ne predstavljaju nužno male sisteme, već sisteme sa nedovoljnom državnom podrškom nezavisno od veličine. Isključivanje ovog indikatora sprovedeno je u

skladu sa preporukom OECD priručnika (2008) za ocenu robusnosti kompozitnog indeksa, prema kojoj uključivanje i isključivanje pojedinačnih indikatora čini prvi korak analize osetljivosti. Indikator M1 (udeo novih učesnika) definiše se kao udeo u celokupnom železničkom saobraćaju (putničkom i teretnom), čime se izbegava precenjivanje liberalizacije u zemljama sa dominantnim teretnim saobraćajem. Konačan skup obuhvata devet indikatora raspoređenih u pet dimenzija: po jedan indikator u infrastrukturnoj (I1), operativnoj (O1) i tržišnoj dimenziji (M1), dva indikatora u ekonomskoj (E1, E2) i četiri u institucionalnoj dimenziji (N1, N2, N3, N4).

Na zadržanom skupu od devet indikatora sprovedena je korelaciona analiza radi utvrđivanja stepena međusobne povezanosti i potencijalnog dvostrukog ponderisanja dimenzija u indeksu. Korelacionom matricom utvrđen je jedan par indikatora sa izrazito visokom korelacijom: I1 i O1 ($r = 0,97$). Preostali parovi indikatora imaju korelacije znatno niže, u rasponu koji ne ukazuje na redundantnost. Visoka korelacija između I1 i O1 strukturnog je karaktera i proizlazi iz činjenice da veće mreže ostvaruju veći obim transportnog rada. Oba indikatora zadržana su iz dva razloga. Prvo, mere različite dimenzije železničkog sistema: I1 opisuje infrastrukturni kapacitet (dužinu mreže), a O1 operativni intenzitet (zbirni obim putničkog i teretnog transporta). Drugo, svaki indikator jedini je predstavnik sopstvene dimenzije u strukturi indeksa, pa bi isključivanje jednog ostavilo odgovarajuću dimenziju nepokrivenom. Pristup je u skladu sa preporukom prema kojoj se dvostruko ponderisanje ne utvrđuje isključivo statističkom analizom, već i analizom indikatora u odnosu na pojavu koju indeks opisuje (OECD/JRC, 2008). Kompletna korelaciona matrica prikazana je u Prilogu A.3.

Pogodnost podataka za faktorsku analizu proverena je Kajzer-Majer-Olkinovom (KMO) merom i Bartletovim testom sfericiteta. KMO vrednost iznosi 0,584, što je ispod uobičajenog praga od 0,60 (Kaiser & Rice, 1974). Bartletovim testom utvrđena je visoka statistička značajnost korelacione matrice ($p < 0,001$), čime je odbačena hipoteza da se radi o jediničnoj matrici. Nizak KMO proizlazi iz toga što tri indikatora (E1, E2 i N3) imaju slabu zajedničku varijansu sa ostatkom skupa. Ovi indikatora mere aspekte (ekonomski kapacitet i model dodele ugovora) koji su po prirodi nezavisni od infrastrukturne i operativne dimenzije. Analiza glavnih komponenti primenjuje se u dijagnostičke svrhe (provera dimenzionalne strukture), a ne kao metoda za određivanje pondera ili redukciju dimenzija, pa granična KMO vrednost ne narušava metodološku zasnovanost konstrukcije indeksa.

Analizom glavnih komponenti (*Principal Component Analysis*, PCA) utvrđene su tri glavne komponente sa sopstvenom vrednošću iznad 1, kojima se zajedno objašnjava 73,1% ukupne varijanse. Prvom komponentom (41,0% varijanse) obuhvaćeni su pretežno indikatori infrastrukturne i operativne dimenzije (I1, O1) uz indikatore institucionalne i tržišne dimenzije (N1, N4, M1), što ukazuje na opšti faktor veličine sistema. Drugom komponentom (18,5%) razdvajaju se ekonomski indikatori (E1, E2) od infrastrukturnih, čime se potvrđuje da ekonomska dimenzija meri zaseban aspekt. Trećom komponentom (13,6%) izdvajaju se indikatori institucionalnog okvira (N1, N2). Uprkos empirijskoj trokomponentnoj strukturi, teorijska petodimenzionalna struktura zadržana je iz tri razloga:

1. Pet dimenzija odražava zasebne aspekte veličine sistema koji su prepoznati u regulatornom okviru i literaturi.
2. Petodimenzionalna struktura omogućava detaljniju dijagnostiku pojedinih sistema, što je neophodno za prepoznavanje ograničenja pri modeliranju naknada.
3. Dvostepena agregacija (unutar dimenzija, zatim između dimenzija) obezbeđuje jednake težine za sve dimenzije, u skladu sa preporukom OECD priručnika (2008).

Rezultati analize glavnih komponenti prikazani su u Prilogu A.4.

4.3. Dimenzionisanje CRSSI

Na osnovu konačnog skupa indikatora prikazuje se postupak dimenzionisanja CRSSI. Postupkom su obuhvaćeni prikupljanje podataka, normalizacija, ponderisanje i agregacija.

4.3.1. Uzorak i izvori podataka

Uzorakom za dimenzionisanje indeksa obuhvaćeno je 33 evropska železnička sistema, čime su zastupljene gotovo sve nacionalne železnice u Evropi. U uzorak je uključeno 25 država članica Evropske unije (Malta i Kipar su izuzeti jer nemaju železnički sistem), pet država Zapadnog Balkana (Srbija, Bosna i Hercegovina (BiH), Crna Gora, Severna Makedonija, Albanija), Švajcarska, Ujedinjeno Kraljevstvo i Norveška.

Korišćeni su podaci za 2022. godinu kao poslednju godinu sa kompletnim podacima u vreme analize. Gde podaci za 2022. nisu bili dostupni, korišćeni su najbliži raspoloživi podaci iz perioda od 2021. do 2023. godine. Za indikator E2 (investicije po kilometru mreže) korišćen je petogodišnji prosek radi ublažavanja međugodišnjih varijacija.

Podaci su prikupljeni iz harmonizovanih evropskih izvora radi obezbeđivanja metodološke doslednosti. Primarni izvori obuhvataju Eurostat (infrastrukturni podaci i BDP), IRG-Rail Market Monitoring Report (operativni i tržišni podaci), UIC statistiku (finansijski podaci menadžera infrastrukture) i izveštaje Evropske komisije (institucionalni podaci). Za zemlje Zapadnog Balkana korišćeni su podaci Transportne zajednice (*Transport Community*), nacionalnih zavoda za statistiku i pojedinačnih Izjava o mreži. Izvorne vrednosti indikatora za celokupan uzorak prikazane su u Prilogu A.1.

4.3.2. Normalizacija indikatora

Indikatori u konačnom skupu izraženi su u različitim mernim jedinicama. Agregiranje ovakvih vrednosti zahteva prethodno svođenje na zajedničku skalu jer bi inače indikatori sa većim apsolutnim vrednostima dominirali u indeksu. Tu funkciju vrši normalizacija.

Primenjena je Min-Max metoda kojom se vrednosti svode na interval [0, 1]:

$$X_{i,norm} = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (4.1)$$

gde je X_i vrednost indikatora za posmatranu zemlju, X_{min} minimalna vrednost indikatora u uzorku i X_{max} maksimalna vrednost indikatora u uzorku. U tabeli 4.4 prikazane su minimalne i maksimalne vrednosti za svaki indikator u uzorku.

Tabela 4.4. Minimalne i maksimalne vrednosti indikatora

| Indikator | Min | Država (min) | Max | Država (max) |
|---|-------|---------------|-----------|-------------------|
| Dužina mreže, I_1 (km) | 250 | Crna Gora | 39.226 | Nemačka |
| Transportni rad, O_1 (mil) | 20,4 | Albanija | 201.405,8 | Nemačka |
| BDP per capita, E_1 (EUR PPP) | 6.306 | S. Makedonija | 90.701 | Norveška |
| Investicije po km, E_2 (hilj. EUR/km) | 2,3 | BiH | 1.001,8 | Luksemburg |
| Vertikalna separacija, N_1 (0-2) | 0 | 5 zemalja | 2 | 22 zemlje |
| Nezavisnost regulatora, N_2 (0-2) | 0 | Albanija | 2 | 31 zemlja |
| Model PSO dodele, N_3 (0-1) | 0 | 3 zemlje | 1 | 8 zemalja |
| Zaposleni u regulatoru, N_4 (broj) | 2 | 3 zemlje | 300 | Ujed. Kraljevstvo |
| Udeo novih učesnika, M_1 (%) | 0 | 7 zemalja | 0,99 | Ujed. Kraljevstvo |

Kompletna tabela normalizovanih vrednosti za svih 33 država prikazana je u Prilogu A.2.

4.3.3. Ponderisanje i agregacija

Za dimenzionisanje CRSSI primenjene su jednake težine za svih pet dimenzija, pri čemu svaka dimenzija doprinosi sa 20% ukupnom indeksu. Izbor jednakih težina zasniva se na jednakom značaju svih pet dimenzija kao preduslova za primenu regulatornog okvira, kao i na preporuci priručnika OECD/JRC (2008).

Agregacija je sprovedena u dva koraka. U prvom koraku izračunate su vrednosti za svaku od pet dimenzija:

$$\begin{aligned}
 D_1 &= I1_n \\
 D_2 &= O1_n \\
 D_3 &= \frac{E1_n + E2_n}{2} \\
 D_4 &= \frac{N1_n + N2_n + N3_n + N4_n}{4} \\
 D_5 &= M1_n
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

U drugom koraku CRSSI je izračunat kao ponderisana suma:

$$\begin{aligned}
 \text{CRSSI} &= 0,20 \times D_1 + 0,20 \times D_2 + 0,20 \times D_3 \\
 &+ 0,20 \times D_4 + 0,20 \times D_5
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

Vrednost indeksa kreće se u rasponu od 0 do 1, pri čemu viša vrednost ukazuje na veću veličinu sistema i veći potencijal za primenu složenijih struktura naknada.

4.3.4. Rezultati i analiza

Primenom opisanog postupka izračunate su vrednosti CRSSI za svih 33 država u uzorku.

Tabela 4.5 prikazuje rezultate rangirane prema vrednosti indeksa.

Tabela 4.5. CRSSI za 33 evropske države

| Rang | Država | Infrastr. D_1 | Operativ. D_2 | Ekonom. D_3 | Institut. D_4 | Tržišna D_5 | CRSSI | Kategorija |
|------|---------------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------|------------|
| 1 | Nemačka | 1.0000 | 1.0000 | 0.4072 | 0.8112 | 0.5556 | 0.7548 | Veliki |
| 2 | Ujedinjeno Kraljevstvo | 0.4024 | 0.3441 | 0.4565 | 0.9175 | 1.0000 | 0.6241 | Veliki |
| 3 | Francuska | 0.7007 | 0.6079 | 0.3252 | 0.6270 | 0.3030 | 0.5128 | Veliki |
| 4 | Italija | 0.4660 | 0.3283 | 0.3411 | 0.8993 | 0.5051 | 0.5080 | Veliki |
| 5 | Švedska | 0.2735 | 0.1789 | 0.3809 | 0.7550 | 0.5051 | 0.4187 | Srednji |
| 6 | Poljska | 0.4779 | 0.4132 | 0.1173 | 0.5151 | 0.5556 | 0.4158 | Srednji |
| 7 | Švajcarska | 0.1300 | 0.1443 | 0.8797 | 0.5859 | 0.3030 | 0.4086 | Srednji |

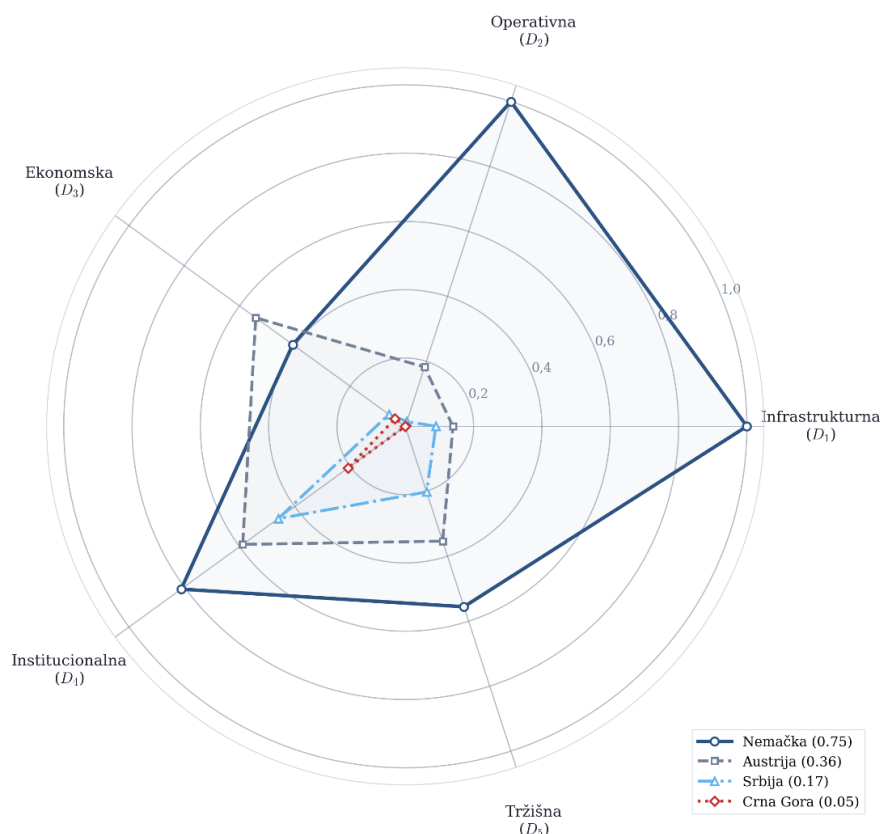
Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za
male železničke mreže

| | | | | | | | | |
|----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| 8 | Holandija | 0.0762 | 0.0778 | 0.4147 | 0.7550 | 0.5556 | 0.3759 | Srednji |
| 9 | Norveška | 0.0991 | 0.0383 | 0.5739 | 0.7534 | 0.3535 | 0.3636 | Srednji |
| 10 | Austrija | 0.1397 | 0.1824 | 0.5412 | 0.5884 | 0.3535 | 0.3610 | Srednji |
| 11 | Danska | 0.0618 | 0.0335 | 0.4334 | 0.7508 | 0.4040 | 0.3367 | Srednji |
| 12 | Španija | 0.3910 | 0.1721 | 0.2045 | 0.5892 | 0.2525 | 0.3219 | Srednji |
| 13 | Češka | 0.2348 | 0.1289 | 0.1781 | 0.5959 | 0.4545 | 0.3185 | Srednji |
| 14 | Rumunija | 0.2663 | 0.0920 | 0.0715 | 0.5842 | 0.5556 | 0.3139 | Srednji |
| 15 | Belgija | 0.0860 | 0.1072 | 0.3255 | 0.5884 | 0.4545 | 0.3123 | Srednji |
| 16 | Mađarska | 0.1908 | 0.0941 | 0.0833 | 0.5842 | 0.5556 | 0.3016 | Srednji |
| 17 | Luksemburg | 0.0005 | 0.0027 | 0.9758 | 0.3325 | 0.0000 | 0.2623 | Mali |
| 18 | Finska | 0.1358 | 0.0665 | 0.2974 | 0.7508 | 0.0202 | 0.2541 | Mali |
| 19 | Slovenija | 0.0246 | 0.0239 | 0.3034 | 0.4592 | 0.3535 | 0.2329 | Mali |
| 20 | Slovačka | 0.0866 | 0.0559 | 0.1173 | 0.5000 | 0.4040 | 0.2328 | Mali |
| 21 | Portugalija | 0.0589 | 0.0295 | 0.1520 | 0.5892 | 0.3030 | 0.2265 | Mali |
| 22 | Estonija | 0.0324 | 0.0121 | 0.1295 | 0.4583 | 0.4545 | 0.2174 | Mali |
| 23 | Letonija | 0.0413 | 0.0391 | 0.0867 | 0.4609 | 0.4545 | 0.2165 | Mali |
| 24 | Bugarska | 0.0970 | 0.0340 | 0.0439 | 0.5850 | 0.1566 | 0.1833 | Mali |
| 25 | Grčka | 0.0538 | 0.0074 | 0.1048 | 0.5833 | 0.1515 | 0.1802 | Mali |
| 26 | Hrvatska | 0.0604 | 0.0202 | 0.0953 | 0.4583 | 0.2525 | 0.1774 | Mali |
| 27 | Irska | 0.0369 | 0.0090 | 0.4876 | 0.3333 | 0.0000 | 0.1734 | Mali |
| 28 | Srbija | 0.0895 | 0.0149 | 0.0594 | 0.4600 | 0.2020 | 0.1652 | Mali |
| 29 | Litvanija | 0.0426 | 0.0389 | 0.1254 | 0.4583 | 0.0202 | 0.1371 | Veoma mali |
| 30 | S. Makedonija | 0.0115 | 0.0015 | 0.0081 | 0.4583 | 0.0000 | 0.0959 | Veoma mali |
| 31 | BiH | 0.0199 | 0.0064 | 0.0057 | 0.1258 | 0.1515 | 0.0619 | Veoma mali |
| 32 | Crna Gora | 0.0000 | 0.0011 | 0.0375 | 0.2075 | 0.0000 | 0.0492 | Veoma mali |
| 33 | Albanija | 0.0045 | 0.0000 | 0.0139 | 0.0825 | 0.0000 | 0.0202 | Veoma mali |

Raspodela rezultata pokazuje izrazitu asimetriju. Nemačka (0,7548) i Ujedinjeno Kraljevstvo (0,6241) izdvajaju se na vrhu raspona. Prosečna vrednost CRSSI iznosi 0,29, a medijana 0,26, što ukazuje na to da se većina sistema nalazi ispod srednje vrednosti.

Analiza po dimenzijama pokazuje različite obrasce. Dimenzije D1 i D2 pokazuju najveću koncentraciju vrednosti pri dnu skale. Dimenzija D3, zasnovana na dva indikatora (BDP po stanovniku i investicije po kilometru mreže), beleži izrazit raspon vrednosti sa koncentracijom u donjem delu skale i pojedinačnim odstupanjima (Luksemburg, Švajcarska). Dimenzija D4 ima najveće prosečne vrednosti jer je većina sistema formalno usklađena sa zahtevima regulatornog okvira. Dimenziju D5 karakteriše širok raspon vrednosti jer su rezultati liberalizacije neravnomerno raspoređeni.

Na slici 4.2 prikazani su profili dimenzija za četiri sistema iz različitih delova raspodele, čime se ilustruju karakteristični obrasci.



Slika 4.2. Profili dimenzija CRSSI za odabrane države

4.4. Klasifikacija i izbor malih železničkih sistema

4.4.1. Klasifikacija železničkih sistema prema CRSSI

Klasifikacija železničkih sistema sprovedena je primenom klaster analize (*cluster analysis*, *k-means*, $k=4$) na vrednostima CRSSI za 33 evropska železnička sistema. Dobijeni pragovi zaokruženi su na drugu decimalu bez promene klasifikacije nijedne države.

Tabela 4.6. Klasifikacija železničkih sistema prema CRSSI

| Kategorija | Raspon CRSSI | Broj | Država |
|------------|--------------|------|--|
| Veliki | $\geq 0,50$ | 4 | Nemačka, Ujedinjeno Kraljevstvo, Francuska, Italija |
| Srednji | 0,30–0,49 | 12 | Švedska, Poljska, Švajcarska, Holandija, Norveška, Austrija, Danska, Španija, Češka, Rumunija, Belgija, Mađarska |
| Mali | 0,14–0,29 | 12 | Luksemburg, Finska, Slovenija, Slovačka, Portugalija, Estonija, Letonija, Bugarska, Grčka, Hrvatska, Irska, Srbija |
| Veoma mali | $< 0,14$ | 5 | Litvanija, S. Makedonija, BiH, Crna Gora, Albanija |

Kategorije „mali” i „veoma mali” zajedno obuhvataju 17 država (52% uzorka), što potvrđuje relevantnost postavljenog istraživačkog problema. Raspodela vrednosti CRSSI za celokupan uzorak prema kategorijama klasifikacije prikazana je u Prilogu A (slika A.5).

4.4.2. Izbor sistema za komparativnu analizu

Iz ukupnog skupa od 16 sistema u kategorijama „mali” i „veoma mali” izvršen je izbor uzorka za detaljnu komparativnu analizu struktura naknada za korišćenje železničke infrastrukture. Izbor je sproveden primenom četiri kriterijuma.

Dostupnost podataka podrazumeva da sistem mora imati javno dostupnu Izjavu o mreži sa detaljnim informacijama o strukturi, komponentama i visini naknada. Sistemi kod kojih Izjava o mreži nije dostupna ili ne sadrži dovoljno informacija za utvrđivanje strukture naknada isključeni su iz analize.

Usklađenost sa regulatornim okvirom zahteva da sistem primenjuje naknade u skladu sa Direktivom 2012/34/EU ili da se nalazi u procesu usklađivanja kao država kandidat za članstvo u EU. Ovim kriterijumom obezbeđuje se uporedivost regulatornih osnova na kojima počivaju strukture naknada.

Usredsređenost na strukturna ograničenja daje prednost sistemima kod kojih su ograničenja u resursima za primenu složenijih modela naknada najizraženija. Sistemi koji formalno pripadaju kategoriji „Mali” ali raspolazu resursima karakterističnim za veće sisteme (visok institucionalni kapacitet, nekarakteristična ekonomska struktura, zaseban model finansiranja) isključeni su jer ne odražavaju tipična ograničenja malih sistema.

Geografska zastupljenost podrazumeva da uzorak obuhvata različite regione evropskog železničkog prostora (Zapadni Balkan, Baltik, Južna Evropa, Centralna Evropa), čime se obezbeđuje raznolikost institucionalnih, ekonomskih i tržišnih uslova u kojima sistemi funkcionišu. Primenom navedenih kriterijuma odabrano je 11 država. Tabela 4.7 prikazuje odabrane sisteme vrednostima CRSSI i kategorijom klasifikacije.

Tabela 4.7. Odabrani sistemi za komparativnu analizu

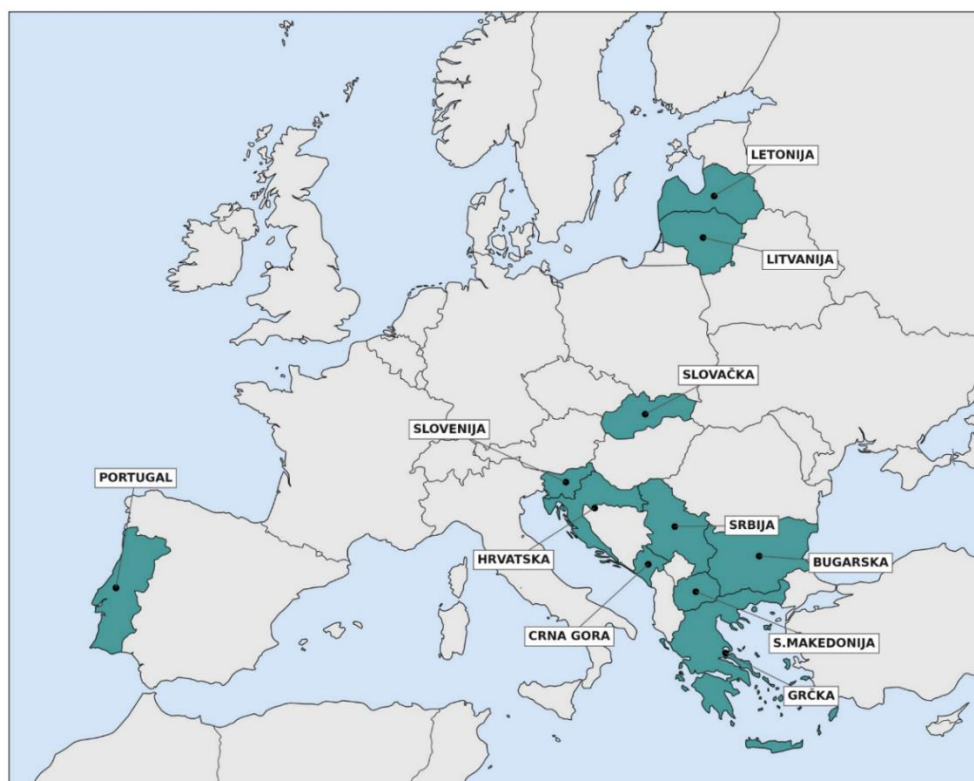
| Rang | Država | Dužina mreže I_1 (km) | CRSSI | Kategorija |
|------|-------------|----------------------------|--------|------------|
| 19 | Slovenija | 1209 | 0.2329 | Mali |
| 20 | Slovačka | 3627 | 0.2328 | Mali |
| 21 | Portugalija | 2545 | 0.2265 | Mali |
| 23 | Letonija | 1860 | 0.2165 | Mali |

| | | | | |
|----|---------------|------|--------|------------|
| 24 | Bugarska | 4029 | 0.1833 | Mali |
| 25 | Grčka | 2345 | 0.1802 | Mali |
| 26 | Hrvatska | 2604 | 0.1774 | Mali |
| 28 | Srbija | 3739 | 0.1652 | Mali |
| 29 | Litvanija | 1911 | 0.1371 | Veoma mali |
| 30 | S. Makedonija | 699 | 0.0959 | Veoma mali |
| 32 | Crna Gora | 250 | 0.0492 | Veoma mali |

Finska (0,2541) isključena je jer raspolaže visokim institucionalnim kapacitetom ($D4 = 0,75$) i ekonomskim resursima koji je suštinski razlikuju od tipičnih malih sistema. Luksemburg (0,2623) odstupa po ekonomskoj dimenziji ($D3 = 0,98$) uprkos minimalnoj veličini mreže. Iako CRSSI vrednost Irske (0,1734) formalno ulazi u opseg malih sistema, model finansiranja gotovo potpuno oslonjen na državni budžet ne odgovara obrascu sistema sa ograničenim resursima. Albanija (0,0202) i Bosna i Hercegovina (0,0619) isključene su iz drugog razloga, jer nedovoljna pouzdanost dostupnih podataka onemogućava njihovo uključivanje u komparativnu analizu.

4.4.3. Karakteristike odabranog uzorka

Odabrani uzorak od 11 država prikazan je na slici 4.3 prema geografskom položaju.



Slika 4.3. Geografski položaj selektovanih država sa malim železničkim sistemima

Osam sistema pripada kategoriji „mali” (CRSSI od 0,16 do 0,23), dok su tri sistema u kategoriji „veoma mali” (CRSSI ispod 0,14). Raspon dužine mreže kreće se od 250 km (Crna Gora) do 4.029 km (Bugarska), ali normalizovane vrednosti dimenzija D1 i D2 za sve odabrane sisteme ostaju ispod 0,10, što potvrđuje da se radi o sistemima sa malim mrežama i malim obimom transportnog rada. Institucionalne i infrastrukturne karakteristike odabranih sistema prikazane su u Prilogu A.6.

4.5. Ograničenja, robusnost i pravci daljih istraživanja

Klasifikacija se zasniva na podacima za 2022. godinu. Za pojedine indikatore korišćeni su najbliži raspoloživi podaci iz perioda od 2021. do 2023. godine, a za indikator E_2 (investicije po kilometru mreže) korišćen je petogodišnji prosek radi ublažavanja međugodišnjih varijacija.

Za zemlje Zapadnog Balkana pojedini indikatori zasnivaju se na približnim procenama (proxy) jer harmonizovani evropski izvori ne pokrivaju ove sisteme u potpunosti. Računovodstveni standardi menadžera infrastrukture razlikuju se među zemljama, što ograničava uporedivost ekonomskih indikatora. Za tržišni indikator M_1 utvrđeno je da se objavljeni podatak u pojedinim izvorima odnosi na jedan segment saobraćaja, a ne na celinu, te je sprovedena korekcija prema doslednoj definiciji. Institucionalni indikatori N_1 , N_2 i N_3 zasnovani su na ordinalnim skalama, čime se neizbežno gubi deo informacija u poređenju sa neprekidnim merama, ali alternativni podaci sa većom preciznošću nisu dostupni za sve zemlje u uzorku.

Pragovi klasifikacije (0,14 / 0,30 / 0,50) određeni su klaster analizom (k-means, $k = 4$) i zaokruženi na drugu decimalu bez promene klasifikacije nijedne države. Primenjene su jednake težine dimenzija (po 20%) u skladu sa preporukom priručnika OECD/JRC (2008) prema kojoj se jednake težine koriste kada ne postoji teorijska ili empirijska osnova za diferencijaciju.

Analizom osetljivosti ispitan je efekat isključivanja indikatora udeo naknada u prihodima menadžera infrastrukture na rezultate klasifikacije. Spearmanov koeficijent korelacije ranga između varijante sa ovim indikatorom i varijante bez njega iznosi $\rho = 0,99$. Prosečna apsolutna promena ranga iznosi 1,4 pozicije, a maksimalna četiri pozicije. Kategoriju menja jedna država, dok svi odabrani sistemi za komparativnu analizu zadržavaju pripadnost

kategorijama „mali” i „veoma mali”. Rezultati analize potvrđuju robusnost klasifikacije pri varijacijama u skupu indikatora.

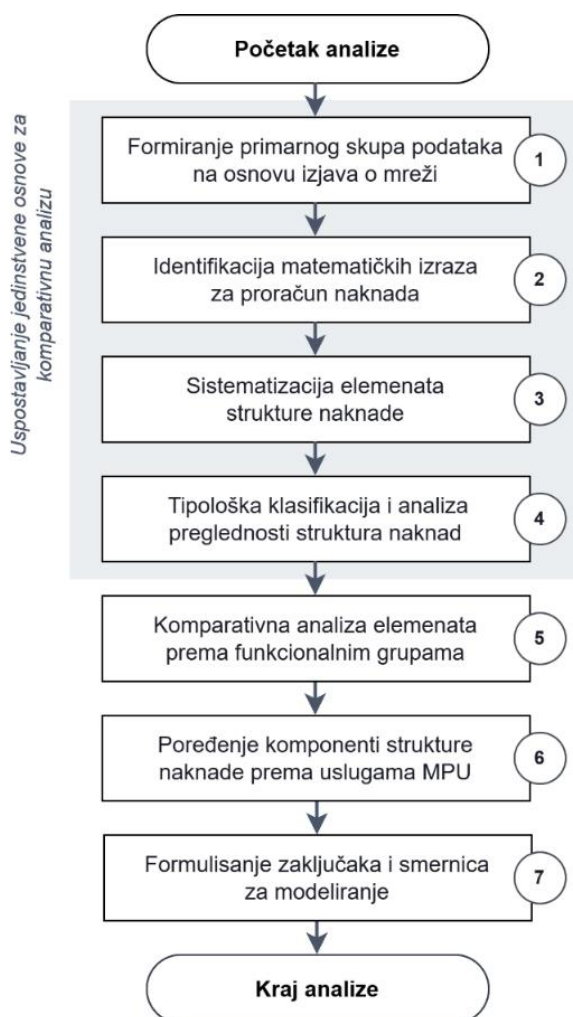
CRSSI se koristi kao pomoćni kriterijum za izbor uzorka, a ne kao samostalni rezultat istraživanja. Izbor uzorka zasniva se i na dodatnim kriterijumima (dostupnost Izjave o mreži sa podacima o strukturi naknada, usklađenost sa regulatornim okvirom EU, geografska reprezentativnost i relevantnost za studiju slučaja), čime je obezbeđena nezavisnost uzorka od eventualnih varijacija u vrednostima indeksa. Rezultatima klasifikacije potvrđena je polazna pretpostavka da veličina železničke mreže nije dovoljan kriterijum za prepoznavanje sistema sa strukturnim ograničenjima.

Indeks služi za razvrstavanje sistema u kategorije, a ne za precizno rangiranje unutar kategorija. Redosled sistema unutar iste kategorije podložan je varijacijama u zavisnosti od izbora indikatora, metode normalizacije i šeme ponderisanja.

Budućim istraživanjima moguće je ispitati osetljivost rangiranja unutar kategorija na alternativne metodološke pristupe, uključujući primenu različitih metoda normalizacije, alternativnih šema ponderisanja (ponderisanje zasnovano na faktorskoj analizi, endogeno ponderisanje) i metoda agregacije.

5. ANALIZA STRUKTURA NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE KOD MALIH ŽELEZNIČKIH SISTEMA

Komparativna analiza formula i strukturnih elemenata naknade za MPU u jedanaest odabranih malih evropskih železničkih sistema zasniva se na podacima iz važećih Izjava o mreži koje objavljuju nacionalni menadžeri infrastrukture za redove vožnje 2022, 2023. i 2024. godine. Analiza obuhvata utvrđivanje stepena raznolikosti postojećih rešenja, prepoznavanje zajedničkih obrazaca i formulisanje smernica za modeliranje strukture naknade u malim železničkim sistemima. Metodološki koraci prikazani su na slici 5.1.



Slika 5.1. Metodološki koraci komparativne analize struktura naknada

U Izjavama o mreži objavljuju se uslovi pristupa železničkoj infrastrukturi, metodologija proračuna naknade i vrednosti ulaznih parametara. Standardizovana forma i zakonska obaveza objavljivanja čine ovaj izvor pouzdanim i uporedivim za komparativnu analizu.

Analiza je sprovedena u sedam metodoloških koraka (formiranje primarne baze podataka, identifikacija formula, sistematizacija elemenata, analiza preglednosti, komparativna analiza po funkcionalnim grupama, poređenje komponenti prema sadržaju minimalnog paketa i formulisanje zaključaka).

5.1. Identifikacija i sistematizacija elemenata strukture naknade

Formule za proračun naknada u okviru minimalnog paketa usluga preuzete su iz Izjava o mreži analiziranih sistema. Pregled formula prikazan je u tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Pregled formula za proračun naknada za MPU

| Država | Menadžer infrastrukture | Formula za proračun naknade za MPU | Tip |
|-----------------------|--|---|---------------------|
| 1. Crna Gora | <i>Railway Infrastructure of Montenegro - Željeznička infrastruktura Crne Gore AD (2023)</i> | $U = (Q_{vkm}(mg) \times P(mg) + Q_{vkm}(ms) \times P(ms) + Q_{vkm}(r) \times P(r)) \times C_{vkm} \times K \times F \times F_{np}$ | Multiplikativna (M) |
| 2. Severna Makedonija | <i>Public Enterprise for Railway Infrastructure - Railways of North Macedonia - Makedonski železnici Infrastruktura AD Skopje (2024)</i> | $F = [(L_E \times C_E + L_N \times C_N) \times K_{3F} + (L_E \times C_E + L_N \times C_N) \times K_{S3}] \times K_2$ | Multiplikativna (M) |
| 3. Slovenija | <i>Slovenian Railways Infrastructure - Slovenske železnice, Infrastruktura d.o.o. (2024)</i> | $U_{P1} = C_{P1} \times (KM_i \times P_{Pi} \times P_{Di} \times P_{mti} \times P_{vi} \times P_{TPI} \times P_{li})$ | Multiplikativna (M) |
| 4. Litvanija | <i>Lithuanian Railways Infrastructure - AB LTG Infra (2023)</i> | $U_{MPP} = (A \times t) + (K_{1520} \times t_{1520}) + (K_{tranz.krov} \times t_{tranz.krov}) + K + (R_e \times e)$ | Aditivna (A) |
| 5. Letonija | <i>Latvian Railway Infrastructure - SJSC "Latvijas dzelzceļš" (2023)</i> | $TI_{param\ krav} = (M_{cel\ uztur} \times L) + (M_{mez\ uztur} \times a) + (M_{ajt\ uztur} \times Q \times L) + M_{bfv\ uztur} + (M_{elktrm\ pas} \times L)$ | Aditivna (A) |
| 6. Grčka | <i>Hellenic Railways Organisation - Greek Railways Organisation, (2023)</i> | $C_{MAP,t} = \prod_{z=2019}^{y-1} [1 + i_z] \times p \times (c_t \times d + c_{wt} \times m \times d + c_{wte} \times m \times d_e)$ $C_{MAP,p} = \prod_{z=2019}^{y-1} [1 + i_z] \times p \times (c_t \times d + c_{wt} \times m \times d + c_{wte} \times m \times d_e + c_{pss} \times n_{pss})$ | Multiplikativna (M) |
| 7. Portugalija | <i>Infraestruturas de Portugal (2025)</i> | $TUI = \sum_{i=1}^n T_i \times CK_i$ | Jednostavna (J) |

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za
male železničke mreže

| | | | |
|--------------|---|--|----------------------------|
| 8. Hrvatska | HŽ Infrastruktura d.o.o. (2024) | $C_t = \left[\sum_{i=1}^n TR_i \times L_i \times l \times C_{vlkm} + (l_{el} \times C_{el}) \right] \times S$ $C_p = (T + d_n) \times \sum_{i=1}^n L_i \times l \times C_{vlkm} + (l_{el} \times C_{el})$ | Multiplikativna (M) |
| 9. Srbija | Infrastructure of Serbian Railways - Infrastruktura železnice Srbije a.d. (2023) | $NKI = \left(\sum VKM_{ijk} \times C_{VKM_{ijk}} \right) + F \left(\sum BRTKM_{ijk} \times C_{BRTKM_{ijk}} \right)$ | Jednostavna proširena (J+) |
| 10. Slovačka | Railways of the Slovak Republic - Železnice Slovenskej republiky (2024) | $N = (km \times a) + (km \times b) + (km \times c \times Q \times k_e) + (km1 \times d \times Q)$ | Aditivna (A) |
| 11. Bugarska | National Railway Infrastructure Company - SE National Railway Infrastructure Company (2023) | $T_{di} = \left(\sum L \times Q \times S_{brtkm} \right) + (L \times S_{vkm}) + (S_{erp} \times \sum_1^z Q_{MWh})$ | Aditivna (A) |

Izvor: Izjave o mreži menadžera infrastrukture analiziranih železničkih sistema za 2022, 2023. i 2024. godinu.

Analizirane formule odlikuju se značajnom raznolikošću u pogledu simbolike i strukture. Svaki menadžer infrastrukture koristi sopstvenu notaciju, pa iste veličine u različitim sistemima nose različite oznake, dok isti simbol ponekad označava različite veličine. Ovakva raznolikost postoji jer regulatorni okvir EU propisuje principe naplate, ali ne i jedinstvenu metodologiju ili notaciju za proračun naknada. Struktura naknade stoga se oblikuje samostalno na nacionalnom nivou, u skladu sa karakteristikama mreže i usvojenim modelom troškova.

Na osnovu oblika formule i načina povezivanja varijabli, utvrđena je pripadnost svake formule jednom od četiri tipa strukture naknade. Portugalija primenjuje jednostavni tip, u kome se ukupna naknada izračunava kao suma proizvoda jediničnih cena i dužina pojedinih deonica. Istu logiku, ali sa dve bazne veličine, koristi Srbija, povezujući vozne i bruto-tonske kilometre u jedinstvenu formulu (jednostavni prošireni tip). Multiplikativni tip primenjuju Crna Gora, Severna Makedonija, Slovenija, Grčka i Hrvatska. Koeficijenti u ovoj strukturi međusobno se uslovljavaju, pa promena jednog faktora utiče na doprinos svih ostalih ukupnoj naknadi. Aditivni tip (Litvanija, Letonija, Slovačka, Bugarska) odlikuje nezavisnost komponenti, što omogućava razdvajanje efekata pojedinih faktora.

Prostorna raspodela tipova struktura pokazuje određenu pravilnost. Multiplikativne strukture zastupljene su u četiri od pet država nastalih raspadom Jugoslavije (Crna Gora, Severna Makedonija, Slovenija, Hrvatska), kao i u Grčkoj. Aditivne strukture karakteristične su za baltičke zemlje (Litvanija, Letonija), Slovačku i Bugarsku. Ovakva raspodela ukazuje na

to da je izbor tipa strukture delimično uslovljen nasleđenim regulatornim okvirom, a ne samo tehničkim ili ekonomskim razlozima.

Iz prikupljenih formula izdvojeni su svi elementi koji ulaze u proračun naknada, a zatim sistematizovani prema funkcionalnoj ulozi, obliku u formuli i zastupljenosti u analiziranim sistemima. Pregled elemenata prikazan je u tabeli 5.2.

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za male železničke mreže

Tabela 5.2. Pregled elemenata strukture naknade prema grupama, oznakama i zastupljenosti u formulama za proračun naknada za MPU

| | | MALI ŽELEZNIČKI SISTEM | | | | | | | | | | | | Zastupljenost elementa |
|--|----------------------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|---------------------|-----------------|----------|------------------|------------------------|
| Grupa elemenata | Naziv elementa strukture naknade | Oblik u formuli | Crna Gora | S. Makedonija | Slovenija | Litvanija | Letonija | Grčka | Portugalija | Hrvatska | Srbija | Slovačka | Bugarska | |
| Administrativne aktivnosti u dodeli kapaciteta | 1. Zahtev za trasom | Parametar | | | | | M _{bfv.} uztur | | | | | | | 3/11 |
| | | Parametar - koeficijent | F | | | | | | | | | | | |
| | | Diferencirajući element | | | | | | | | | | | • | |
| Trasa i njene karakteristike (obim i način korišćenja) | 2. Dužina trase | Varijabla | | | | | L | d | CK _i | l | | km | L | 10/11 |
| | | Činilac složene varijable | x | x | x | | | | | | x | | | |
| | 3. Kategorija (značaj pruge) | Parametar - koeficijent | P | | P _{PI} | | | | | | L _i | | | 6/11 |
| | | Diferencirajući element | | | | | | | • | | • | • | | |
| | 4. Elektrifikacija | Varijabla | | L _E , L _N | | Re | | d _e | | | l _{el} | | km ₁ | 5/11 |
| | | Parametar - koeficijent | | | | | | | | | | | k _e | |
| 5. Vreme korišćenja (dan/noć, vršni period) | Diferencirajući element | | | | | | | | • | | | | 1/11 | |
| 6. Zaustavljanje u putničkim stanicama | Varijabla | | | | | | | n _{pss} | | | | | 1/11 | |
| Tehničke karakteristike voza | 7. Masa voza | Varijabla | | | | A, K _{tranz_kro} | Q | m | | | | Q | Q | 10/11 |
| | | Parametar - koeficijent | K | K ₂ | P _{MTi} | | | | | T _{Ri} , T | | | | |
| | | Činilac složene varijable | | | | | | | | | x | | | |
| | 8. Brzina voza | Parametar - koeficijent | | K _{3F} , K _{S3} | P _{Vi} | | | | | | | | | 2/11 |
| | 9. Dužina voza | Parametar - koeficijent | | | P _{Di} | | | | | | | | | 1/11 |
| | 10. Broj kola u vozu | Varijabla | | | | | a | | | | | | | 1/11 |
| | 11. Vrsta i tip vučnog vozila | Parametar - koeficijent | | | P _{li} | | | | | | | | | 3/11 |
| | | Diferencirajući element | | | | | | | • | | • | | | |
| | 12. Broj vučnih vozila | Varijabla | | | | | | | | | | | z | 1/11 |
| | 13. Nagibna tehnika | Parametar - koeficijent | | | | | | | | d _n | | | | 1/11 |
| | 14. Utrošena el. energija | Varijabla | | | | | | | | | | | Q _{MWh} | 1/11 |

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za
male železničke mreže

| | | | MALI ŽELEZNIČKI SISTEM | | | | | | | | | | | Zastupljenost elementa | |
|--|--|-------------------------|------------------------|---------------|-----------|-----------|----------|-------|-------------|----------|------------------|----------|----------|---------------------------|------|
| Grupa elemenata | Naziv elementa strukture naknade | Oblik u formuli | Crna Gora | S. Makedonija | Slovenija | Litvanija | Letonija | Grčka | Portugalija | Hrvatska | Srbija | Slovačka | Bugarska | | |
| Segmentacija tržišta | 15. Vrsta voza (putnički i teretni) | Parametar - koeficijent | | | P_{TPi} | | | | | | F | | | 9/11 | |
| | | Diferencirajući element | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | | |
| | 16. Kategorija voza (prioritet na pruži) | Diferencirajući element | | | | ● | | | | ● | ● | | | | 3/11 |
| | | Parametar - koeficijent | F_{np} | | | K | | | | | S | | | | |
| Posebni elementi | 17. Tip voza (namena i sastav) | Diferencirajući element | | | | | | | | | | | ● | 4/11 | |
| | | Parametar - koeficijent | | | | | | | p | | | | | | |
| Izvedeni (složeni) elementi ¹¹ | 18. Faktor faznog pokrivanja direktnih troškova | Parametar - koeficijent | | | | | | | | | | | | 1/11 | |
| | 19. Stopa inflacije | Parametar - koeficijent | | | | | | | i_z | | | | | | |
| Izvedeni (složeni) elementi ¹¹ | 1. Realizovani vozni kilometri (voz km) | Složena varijabla | Q_{vkm} | | KM_i | | | | | | VKM_{ijk} | | | 3/11 | |
| | 2. Realizovani bruto-tonski kilometri (brt km) | Složena varijabla | | | | | | | | | BRT_{KM}_{ijk} | | | | |
| UKUPAN BROJ ELEMENATA | | | 6 | 4 | 7 | 5 | 5 | 7 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 | | |
| Broj elemenata izraženih kao koeficijenti | | | 4 | 2 | 6 | 1 | 0 | 2 | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | | |
| Broj diferencirajućih elemenata (●) | | | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | | |

¹¹ Složeni elementi nisu uračunati u zbir ukupnog broja elemenata, jer predstavljaju izvedene (kompozitne) veličine, a ne osnovne elemente strukture.

Izdvojeno je 19 elemenata strukture naknade, grupisanih u pet kategorija prema funkcionalnoj ulozi:

1. Elementi povezani sa administrativnim aktivnostima dodele kapaciteta (zahtev za trasom);
2. Elementi koji odražavaju karakteristike trase i način njenog korišćenja (dužina trase, kategorija pruge, elektrifikacija, vreme korišćenja, zaustavljanje u stanicama);
3. Elementi koji opisuju tehničke karakteristike voza (masa, brzina, dužina, broj kola, vrsta vučnog vozila, broj vučnih vozila, nagibna tehnika, utrošena električna energija);
4. Elementi tržišne segmentacije (vrsta, kategorija i tip voza);
5. Posebni elementi (faktor faznog pokrivanja direktnih troškova, stopa inflacije).

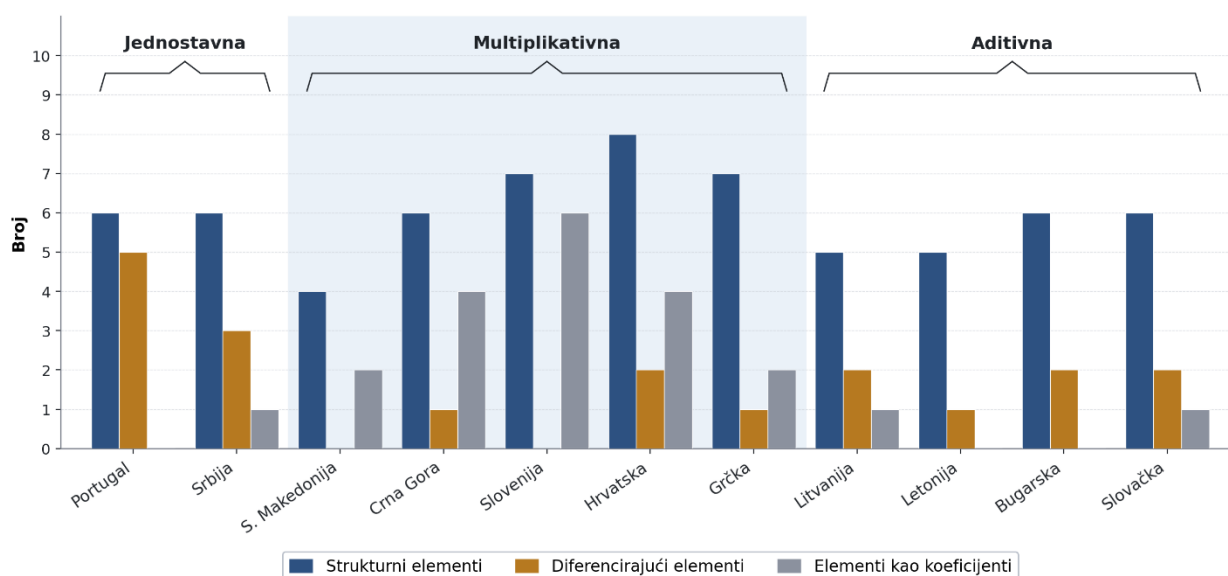
U formulama se pojavljuju i izvedeni elementi koji kombinuju više osnovnih veličina (realizovani vozni kilometri, realizovani bruto-tonski kilometri).

Elementi se u formulama pojavljuju u četiri oblika. Varijable predstavljaju merljive veličine koje se menjaju u zavisnosti od konkretnog korišćenja infrastrukture (dužina trase u kilometrima, masa voza u tonama, broj kola u vozu). Parametri u funkciji koeficijenata su bezdimenzionalni brojevi koji služe za korigovanje, ponderisanje ili prilagođavanje osnovnih vrednosti u formuli. Diferencirajući elementi ne pojavljuju se direktno kao varijable ili parametri, već posredno utiču na vrednosti drugih elemenata, najčešće kroz tabelarno diferencirane jedinične cene. Elementi koji čine složenu varijablu kombinuju se sa drugim elementima u izvedene veličine poput voznih ili bruto-tonskih kilometara.

Oblik u kojem se element pojavljuje u matematičkom izrazu nije stilska već suštinska razlika. Masa voza u aditivnim strukturama (Srbija, Litvanija, Letonija, Slovačka, Bugarska) pojavljuje se kao stvarna vrednost koja se direktno uključuje u proračun. Multiplikativne strukture (Crna Gora, Severna Makedonija, Slovenija, Hrvatska) masu izražavaju kroz koeficijent sa definisanim intervalima vrednosti. Ako je masa izražena kao varijabla, naknada se menja u kontinuitetu sa promenom mase voza, dok njeno izražavanje kao koeficijenta sa intervalima dovodi do stepenastih promena u funkciji naknade. Voz od 999 tona i voz od 1001 tona tako mogu imati značajno različite naknade iako je razlika u opterećenju infrastrukture marginalna. Oblik elementa stoga ima neposredne posledice na pravičnost raspodele troškova i podsticaje koje struktura naknade šalje kao signal prevoznicima.

Zastupljenost pojedinih elemenata u jedanaest analiziranih sistema značajno varira. Najzastupljeniji su dužina trase i masa voza, prisutni u gotovo svim sistemima, što potvrđuje da ova dva elementa čine osnovu struktura naknada. Visoku zastupljenost ima i vrsta voza kao element tržišne segmentacije. Kategorija pruge i elektrifikacija trase koriste se u manjem broju sistema.

Nasuprot ovim široko zastupljenim elementima, pojedini elementi pojavljuju se samo u po jednom sistemu. Razlozi za takvu zastupljenost mogu se tumačiti na dva načina. Mali sistemi često nemaju tehničke ili administrativne kapacitete za praćenje i obračun složenijih parametara. Istovremeno, na mrežama sa malim obimom saobraćaja i homogenom strukturom, diferenciranje po ovim elementima ne bi donelo proporcionalan efekat u pogledu tačnije alokacije troškova. Raspodela elemenata prema složenosti izraza i pojavnom obliku prikazana je na slici 5.2.



Slika 5.2. Raspodela elemenata strukture naknada prema složenosti formule i njihovom pojavnom obliku

Složenost strukture naknade, merena brojem zastupljenih elemenata, značajno varira, što upućuje na razlike u pristupu modeliranja troškova.

Jedinične cene predstavljaju monetarne vrednosti preračunate po odgovarajućoj mernoj jedinici. Formiraju se na osnovu direktnih troškova nastalih održavanjem i korišćenjem infrastrukture, u skladu sa važećim računovodstvenim standardima i odlukama regulatornog tela o prihvatljivim troškovima za obračun. Pregled jediničnih cena korišćenih u formulama za proračun naknada prikazan je u tabeli 5.3.

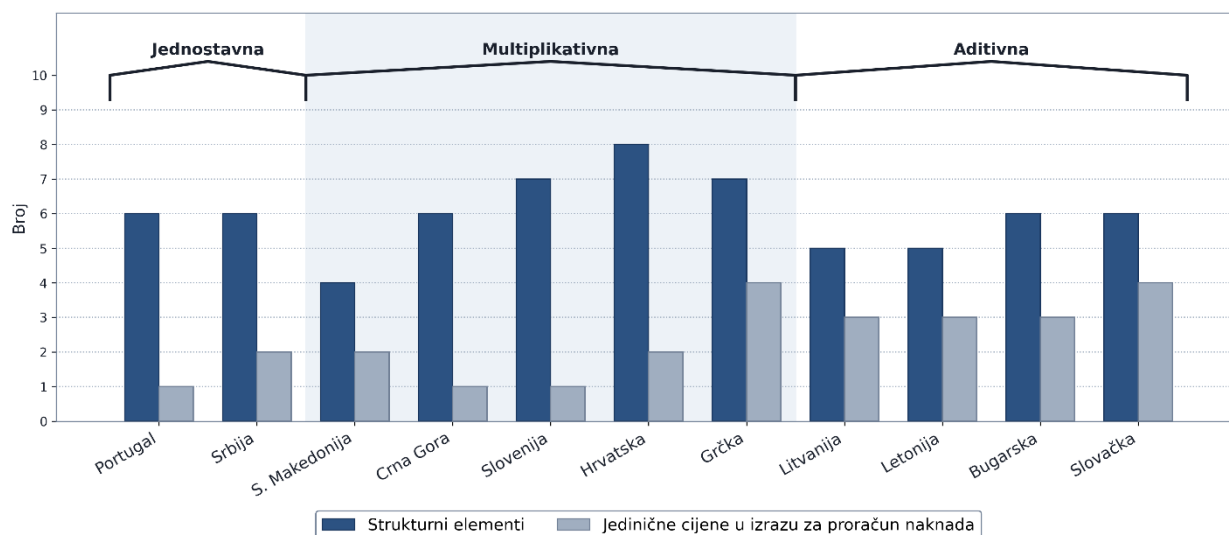
Tabela 5.3. Pregled jediničnih cena kao parametara u formulama za proračun naknada za MPU

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za male železničke mreže

| | | MALI ŽELEZNIČKI SISTEM | | | | | | | | | | | Zastupljenost |
|--|-------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Naziv jedinične cene | Jedinica mere | Crna Gora | S. Makedonija | Slovenija | Litvanija | Letonija | Grčka | Portugalija | Hrvatska | Srbija | Slovačka | Bugarska | |
| 1. Jedinična cena korišćenja infrastrukture | (€/vkm) | C _{vkm} | | C _{p1} | | M _{cel_uztur} | | T _i | C _{v1km} | C _{VKMij} | b | S _{vkm} | 8/11 |
| | (€/brt km) | | | | t | M _{ajt_uztur} | | | | | C _{BRTKMij} | c | S _{brtkm} |
| 2. Jedinična cena kategorije pruge i zahteva za trasom | (€/voz km) | | | | | | | | | | a | | 1/11 |
| 3. Jedinična cena upravljanja i kontrole saobraćaja | (€/km) | | | | | | C _t | | | | | | 1/11 |
| 4. Jedinična cena održavanja infrastrukture | (€/ton km) | | | | | M _{mez_uztur} | C _{wt} | | | | | | 2/11 |
| 5. Jedinična cena za tranzitne vozove | (€/brt km) | | | | t _{tranz_krov} | | | | | | | | 1/11 |
| 6. Jedinična cena za (ne)elektrificiranu trasu | (€/voz km) | | C _E , C _N | | e | | | | C _{el} | | | | 3/11 |
| | (€/brt km) | | | | | | | | | | d | | 1/11 |
| | (€/ton km) | | | | | | C _{wte} | | | | | | 1/11 |
| 7. Jedinična cena zaustavljanja putničkog voza u putničkoj stanici | (€/zaustavljanje) | | | | | | C _{pss} | | | | | | 1/11 |
| 8. Jedinična cena upotrebe opreme za snabd. el ener. | (€/MWh) | | | | | | | | | | | S _{erp} | 1/11 |
| UKUPAN BROJ | | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | |

Prepoznato je osam vrsta jediničnih cena. Najzastupljenija je cena korišćenja infrastrukture izražena po voznom kilometru, prisutna u većini sistema. Cena po bruto-tonskom kilometru zastupljena je u manjem broju sistema. Preostale jedinične cene pojavljuju se pojedinačno, što ukazuje na razlike u načinu raščlanjivanja troškova na monetarne parametre.

Broj jediničnih cena po sistemu kreće se od jedne do četiri. Sistemi sa jednom jediničnom cenom integrišu sve troškove u jedinstven monetarni parametar, čime se postiže jednostavnost proračuna, ali gubi mogućnost transparentnog razdvajanja pojedinih kategorija troškova. Veći broj jediničnih cena omogućava prevoznicima bolji uvid u strukturu troškova, ali povećava složenost proračuna naknade. Odnos ukupnog broja elemenata i broja jediničnih cena prikazan je na slici 5.3.



Slika 5.3. Odnos ukupnog broja elemenata i jediničnih cena u formulama za proračun naknada

5.2. Preglednost formule za proračun naknada

Analiza elemenata strukture naknade prema funkcionalnim grupama, sastavnim komponentama i parametrima diferencijacije pokazuje šta formule za proračun naknade u posmatranim sistemima sadrže, ali ne odgovara na pitanje koliko te formule prenose cenovne signale korisnicima infrastrukture. Obračunska i signalna funkcija formule, definisane u teorijskom okviru, pružaju polazište za analizu tog pitanja, a pojam preglednosti otvara mogućnost sistematskog poređenja jedanaest analiziranih sistema. Uspostavljena tipologija formula služi kao polazište za to poređenje.

Ako je naknada u jednom sistemu definisana jednostavnom formulom:

$$TAC = c_i \cdot L \quad (5.1)$$

gde c_i označava jediničnu cenu za kategoriju i , a L dužinu trase u kilometrima, formula sadrži mali broj elemenata, ali se jedinična cena c_i utvrđuje na osnovu kombinacije više faktora čiji pojedinačni uticaj nije vidljiv u samoj formuli. Formula obavlja obračunsku funkciju, ali signalna funkcija nije vidljiva u formi formule već je sadržana u tabelarnim vrednostima jedinične cene.

Mehanizam objedinjavanja diferencijacije u jediničnoj ceni može se ilustrovati primerom Portugala (tabela 5.1. i 5.2). Formula za proračun naknade za MPU u ovom sistemu sadrži dva elementa vidljiva u samoj formuli: dužinu trase i jediničnu cenu. Jedinična cena, međutim, formira se u zavisnosti od četiri dimenzije: kategorije pruge (linije), vrste vuče, reda vožnje i segmenta tržišta (putnički ili teretni). Nijedna od tih dimenzija nije vidljiva u

formuli. Prevoznik koji želi da utvrdi koliko prelazak sa električne na dizel vuču utiče na iznos naknade ne može tu informaciju da izvede iz formule, već mora da pronađe u tabeli dve vrednosti jedinične cene koje se razlikuju samo po vrsti vuče i sam izračuna razliku. Isti postupak važi za procenu efekta promene reda vožnje, kategorije pruge ili segmenta tržišta. Sa stanovišta sistema naknada u celini, formiranje jedinične cene jeste transparentno jer je tabela objavljena u Izjavi o mreži i dostupna svim korisnicima. Sa stanovišta same formule, međutim, preglednost izostaje jer formula ne razdvaja navedene dimenzije i ne prenosi ih kao zasebne cenovne signale.

Ako je naknada u drugom sistemu definisana aditivnom formulom:

$$TAC = c_1 \cdot L + c_2 \cdot Q \cdot L + c_3 \cdot L_e + c_4 \cdot L_v \quad (5.2)$$

gde c_1 označava jediničnu cenu po voznom kilometru, c_2 jediničnu cenu po bruto-tonskom kilometru, c_3 jediničnu cenu po elektrificiranom voznom kilometru, c_4 jediničnu doplatu za vršni period po voznom kilometru, L dužinu trase, L_e dužina elektrificiranog dela trase, a L_v dužinu dela trase pređenog u vršnom periodu, a Q masu voza. Svaka komponenta odgovara zasebnoj dimenziji korišćenja infrastrukture, pa prevoznik može da utvrdi koliki je uticaj svakog dodatnog kilometra, povećanja mase voza i korišćenja mreže u vršnom periodu na iznos naknade.

Razlika između ova dva primera ne svodi se na broj elemenata u formuli, već na raspodelu diferencijacije. Jednostavna formula sa velikom tabelom jediničnih cena može sadržati više informacija od aditivnog, ali ta informacija ostaje objedinjena u jediničnoj ceni i korisnik je ne može razdvojiti na uzročno-posledične veze.

Multiplikativna formula unosi dodatnu složenost jer promena jednog koeficijenta utiče na rezultat nelinearno, u zavisnosti od vrednosti svih ostalih koeficijenata. Prevoznik ne može da izdvoji doprinos pojedinog koeficijenta bez poznavanja vrednosti preostalih, što otežava sagledavanje uzročno-posledičnih veza. Jednostavne proširene formule zauzimaju prelazni položaj između ova dva tipa strukture naknada, deo diferencijacije je vidljiv u samoj formuli, dok preostali deo ostaje ugrađen u jediničnoj ceni.

Preglednost formule ne zavisi samo od tipa formule, već i od unutrašnje strukture, broja i rasporeda koeficijenata i diferencirajućih elemenata. Jednostavna formula može biti pregledna ako sadrži ograničenu diferencijaciju, a nepregledna ako je diferencijacija višestruka, ali sadržana u tabelama. Aditivna formula može biti pregledna ako svaka komponenta odgovara zasebnoj dimenziji korišćenja, a manje pregledna ako sadrži veliki

broj koeficijenata čiji je uticaj teško razdvojiti. Pitanje preglednosti zahteva meru koja prevazilazi tipologiju formula i uzima u obzir strukturni raspored elemenata. Postojeća istraživanja preglednost razmatraju kao kvalitativnu ocenu, bez kvantitativne mere koja bi omogućila sistematsko poređenje različitih izraza za proračun naknade.

5.2.1. Definisane indekse preglednosti formule za proračun naknade

Merenje složenosti formula za proračun prebrojavanjem njihovih sastavnih elemenata zastupljeno je u više srodnih oblasti. Halstead (1977) je postavio osnove kvantitativnog merenja složenosti algoritama prebrojavanjem operatora i operanada, polazeći od zapažanja da složenost nije funkcija dužine, već broja različitih operacija i veličina koje algoritam sadrži. Colliard i Georg (2025) primenili su tu metodološku logiku na tekstove finansijske regulacije, posmatrajući regulaciju kao strukturu koja ulazne parametre transformiše u regulatorni ishod, a Colliard, Eden i Georg (2021) primenili su je direktno na formule za obračun poreza, pokazavši da se složenost normativnog pravila može meriti brojem elemenata neophodnih za razumevanje, nezavisno od dužine teksta. Formula za proračun naknade ima uporedivu strukturu: sadrži definisan skup ulaznih veličina koje opisuju korišćenje infrastrukture i kroz konačan broj aritmetičkih i uslovnih operacija daje jednoznačan izlaz u obliku iznosa naknade.

Elementi formule klasifikuju se prema ulozi u formiranju iznosa naknade na tri grupe: veličine korišćenja, koeficijenti i diferencirajući elementi. Veličine korišćenja (vozni kilometri, bruto-tonski kilometri) neposredno opisuju korišćenje infrastrukture. Koeficijenti i diferencirajući elementi unose diferencijaciju u obračun, ali istovremeno otežavaju prepoznavanje parametara koji određuju iznos naknade. Istraživanja o složenosti cenovnih struktura na finansijskim tržištima (Carlin, 2009; Ellison & Wolitzky, 2012) potvrđuju da složenost strukture cene smanjuje sposobnost korisnika da razume cenovne signale čak i kada su sve informacije formalno dostupne.

Indeks preglednosti definiše se kao:

$$IP = 1 - \frac{K + D}{E} \quad (5.3)$$

gde je:

- E – ukupan broj elemenata u formuli (veličine korišćenja, koeficijenti i diferencirajući elementi),

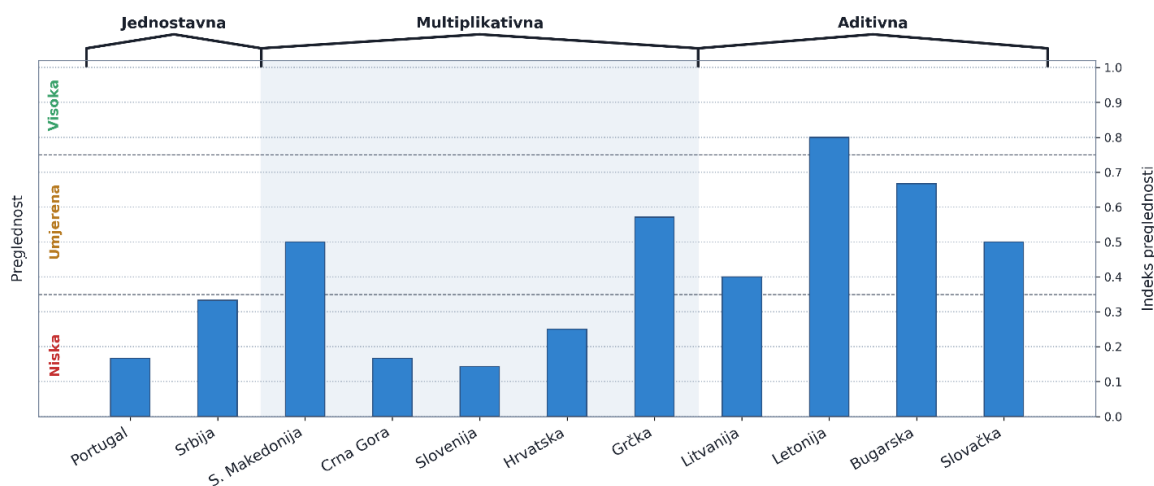
- K – broj elemenata koji se pojavljuju kao koeficijenti,
- D – broj diferencirajućih elemenata.

Indeks uzima vrednosti u intervalu $[0, 1]$. Vrednost blizu 1 znači da je udeo koeficijenata i elemenata koji diferenciraju naknadu mali, što prevozniku omogućava praćenje veze između korišćenja infrastrukture i naknade. Što je vrednost bliža 0, taj udeo je veći i praćenje te veze teže. Za razliku od Halsteadovih mera koje rastu sa složenošću, indeks preglednosti raste sa preglednošću jer je za prevoznika važno koliko je formula pregledna, a ne koliko je složena.

Mala vrednost indeksa ne znači da je formula loše definisana. Veći broj koeficijenata i elemenata koji diferenciraju naknadu može biti uveden radi veće usklađenosti naknade sa stvarnim troškovima, što je opravdan regulatorni cilj. Indeks meri strukturni preduslov preglednosti (raspored elemenata u tipu formule), dok preostali aspekti preglednosti (predvidivost uticaja promene parametra i razdvojivost uticaja pojedinih parametara) zavise od konkretnih vrednosti parametara i načina njihovog objavljivanja u Izjavi o mreži.

5.2.2. Analiza vrednosti indeksa preglednosti

Vrednosti indeksa preglednosti proračunate za jedanaest analiziranih sistema prikazane su na slici 5.4, grupisane prema tipu formule za proračun naknade.



Slika 5.4. Vrednosti indeksa preglednosti u malim železničkim sistemima

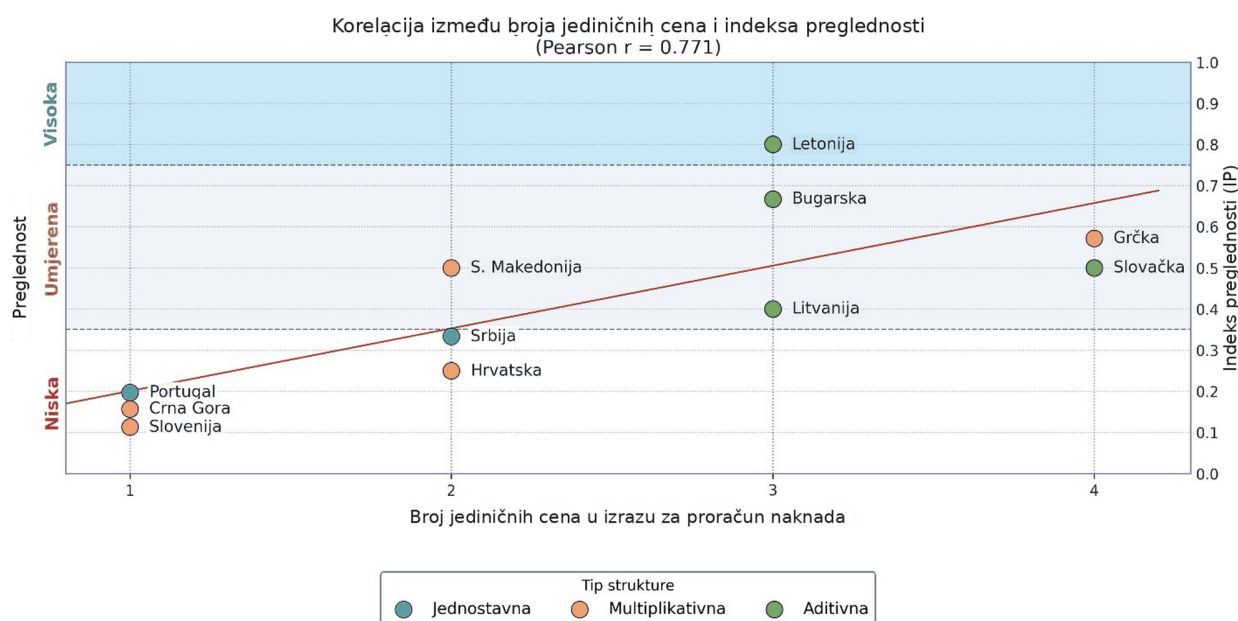
Sistemi sa aditivnim formulama ostvaruju najviše vrednosti indeksa preglednosti, dok sistemi sa multiplikativnim formulama ostvaruju najniže. Sistemi sa jednostavnim formulama nalaze se u donjem delu raspona vrednosti.

Raspored vrednosti ukazuje na obrnutu vezu između tipa formule i preglednosti, ali ta veza nije potpuna. Pojedini sistemi sa multiplikativnom formulom ostvaruju višu vrednost

indeksa od sistema sa jednostavnom formulom. Razlike u vrednostima indeksa postoje i unutar iste kategorije tipa formule. Ovakva odstupanja proizlaze iz različitog broja koeficijenata i diferencirajućih elemenata unutar istog tipa formule, što predstavlja dimenziju koju indeks preglednosti meri, a koju tipologija formula ne obuhvata.

Vrednosti indeksa ukazuju na vezu između broja jediničnih cena i preglednosti. Formule sa jednom jediničnom cenom ostvaruju niže vrednosti indeksa jer diferencijacija ostaje objedinjena i nevidljiva u tipu formule, dok formule sa više jediničnih cena raspoređuju diferencijaciju na vidljive komponente. Veći broj jediničnih cena istovremeno podiže složenost formule i zahteva precizniju specifikaciju troškova po pojedinim dimenzijama korišćenja.

Odnos između broja jediničnih cena u formuli za proračun naknade i vrednosti indeksa preglednosti za posmatrane male železničke sisteme prikazan je na slici 5.5.



Slika 5.5. Korelacija broja jediničnih cena i preglednosti formule za proračun naknade u malim železničkim sistemima

Utvrđena je pozitivna korelacija (Pearsonov koeficijent $r = 0,771$) između broja jediničnih cena u formuli i vrednosti indeksa preglednosti. Sistemi sa jednom jediničnom cenom nalaze se u zoni niske preglednosti, dok sistemi sa tri ili četiri jedinične cene ostvaruju visoku preglednost. Sistemi sa dve jedinične cene zauzimaju širok raspon vrednosti indeksa.

Korelacija potvrđuje da broj jediničnih cena u formuli predstavlja jedan od faktora koji utiču na preglednost, ali ne i jedini. Varijacija vrednosti indeksa među sistemima sa istim brojem jediničnih cena ukazuje na to da i drugi strukturni elementi (koeficijenti, diferencirajući

elementi, tip matematičke operacije kojom se elementi kombinuju) doprinose razlikama u preglednosti. Portugalija i Slovenija imaju po jednu jediničnu cenu u formuli, ali Slovenija ostvaruje nižu vrednost indeksa jer njena multiplikativna formula sadrži veći broj koeficijenata. Razlika je prisutna i kod sistema sa dve jedinične cene, gde se Srbija i Hrvatska razlikuju po vrednosti indeksa usled različitog broja diferencirajućih elemenata.

5.3. Komparativna analiza elemenata strukture naknada

Komparativna analiza elemenata sprovedena je prema kategorijama definisanim u tabeli 5.2. Za svaku kategoriju prikazuju se podaci iz analiziranih sistema, uočeni obrasci i zaključci.

5.3.1. Elementi administrativnih aktivnosti i dodele kapaciteta

Elementi administrativnih aktivnosti odnose se na troškove obrade zahteva za dodelu kapaciteta infrastrukture. Ovi troškovi nastaju prilikom analize zahteva, koordinacije sa drugim prevoznicima u slučaju konflikta trasa, izrade reda vožnje i tehničke pripreme dokumentacije. Postavlja se pitanje da li struktura naknade sadrži zaseban element koji pokriva ove troškove ili su oni sadržani u drugim delovima obračuna. Primena ovog elementa kod analiziranih sistema prikazana je u tabeli 5.4.

Tabela 5.4. Element zahteva za trasom u strukturi naknada analiziranih železničkih sistema

| Država | Primena | Osnova obračuna | Diferencijacija |
|---------------|---------|-----------------|--|
| Srbija | — | — | — |
| Crna Gora | — | — | — |
| Slovenija | — | — | — |
| Hrvatska | —* | — | Dodatak za ad hoc (+10% / +20%) |
| S. Makedonija | — | — | — |
| Portugalija | ✓ | po kilometru | Po roku podnošenja (0,00 do 0,15 €/km) |
| Grčka | — | — | — |
| Litvanija | — | — | — |
| Letonija | ✓ | po trasi | Po tipu zahteva (7,27 do 435,20 €/trasa) |
| Slovačka | ✓ | po kilometru | Redovni/ad hoc (odnos ~3:1) |
| Bugarska | ✓ | po kilometru | Po roku i složenosti (koef. 1,0 do 4,0) |

Napomena: ✓ primenjuje se u formuli MPU; — ne primenjuje se; * zahtev za trasom nije izdvojen kao zaseban element, ali se za ad hoc zahteve primenjuje dodatak na osnovnu naknadu.

Većina analiziranih sistema ne izdvaja zahtev za trasom kao zaseban element strukture naknade. Kod ovih sistema administrativni troškovi sadržani su u osnovnoj naknadi minimalnog paketa usluga i raspodeljuju se proporcionalno korišćenju infrastrukture. Zaseban element primenjuju četiri sistema.

Sistemi koji primenjuju ovaj element razlikuju se po osnovu diferencijacije. Portugalija diferencira prema roku podnošenja zahteva, Slovačka prema tipu zahteva (redovni/ad hoc), Bugarska kombinuje rok i složenost zahteva, a Letonija primenjuje najširi raspon vrednosti prema tipu zahteva.

Za uvođenje zasebnog elementa potrebno je praćenje administrativnih troškova kao posebne kategorije, definisanje metodologije raspodele i periodično ažuriranje vrednosti, što za menadžere infrastrukture sa ograničenim regulatornim kapacitetima predstavlja dodatno opterećenje. Zaseban element koristi se kao instrument upravljanja tražnjom. Diferencijacijom po roku podnošenja zahteva (Portugalija, Bugarska) ili tipu zahteva (Letonija, Slovačka) podstiče se planiranje i smanjuje opterećenje ad hoc obradama.

U Hrvatskoj se primenjuje mešoviti pristup. Iako ne postoji zaseban element za administrativne troškove, za ad hoc zahteve obračunava se dodatak od 10%, odnosno 20% na osnovnu naknadu.

5.3.2. Elementi karakteristika trase

Elementi karakteristika trase odnose se na fizička i funkcionalna svojstva infrastrukturnih deonica koje voz koristi. U ovu grupu spadaju dužina trase, kategorija pruge, elektrifikacija, doba dana u kojem se trasa koristi i broj zaustavljanja. Ovi elementi omogućavaju razlikovanje naknade prema svojstvima infrastrukture, odražavajući razlike u troškovima održavanja, kapacitetu i tehničkoj opremljenosti pojedinih delova mreže.

Tabela 5.5. Elementi karakteristika trase u strukturi naknada

| Država | Dužina | Kategorija pruge | Elektrifikacija | Vreme | Zaustavljanja |
|---------------|--------|-------------------|-----------------|-------|---------------|
| Srbija | ✓ | ✓ (3 kategorije) | ✓ | — | — |
| Crna Gora | ✓ | ✓ (3 kategorije) | — | — | — |
| Slovenija | ✓ | ✓ (4 kategorije) | ✓ | — | ✓ |
| Hrvatska | ✓ | ✓ (6 kategorija) | ✓ | — | — |
| S. Makedonija | ✓ | — | ✓ | — | ✓ |
| Portugalija | ✓ | ✓ (3 kategorije) | ✓ | ✓ | ✓ |
| Grčka | ✓ | — | ✓ | — | ✓ |
| Litvanija | | — | ✓ | — | — |
| Letonija | ✓ | ✓* (2 kategorije) | ✓ | — | —** |
| Slovačka | ✓ | ✓ (5 kategorija) | ✓ | — | ✓ |
| Bugarska | ✓ | — | ✓* | — | — |

Napomena: ✓ primenjuje se u formuli MPU; — ne primenjuje se; * objašnjenje u tekstu; ** odvojena naknada za zaustavljanja van MPU.

Dužina trase predstavlja osnovnu dimenziju obračuna naknade i primenjuje se kod deset od jedanaest analiziranih sistema. Naknada se obračunava po voznom kilometru ili brutotonskom kilometru (ili kombinacijom obe jedinice), pri čemu je dužina trase multiplikator koji određuje ukupan iznos naknade.

Kategoriju pruge kao element razlikovanja naknade primenjuje šest sistema. Letonija razlikuje naknadu prema širini koloseka (široki i normalni), dok preostali sistemi kategorizaciju zasnivaju na nameni pruge u mreži, tehničkim parametrima ili kombinaciji oba kriterijuma. Pregled kategorizacija prikazan je u tabeli 5.6.

Tabela 5.6. Kategorizacija pruga i odnos cena između kategorija

| Država | Broj kategorija | Nazivi kategorija | Odnos max:min | Osnova kategorizacije |
|---------------|-----------------|--|---------------|-----------------------------|
| Srbija | 3 | Magistralna, Regionalna, Lokalna | 8,88 | prema nameni |
| Crna Gora | 3 | Međunarodna glavna, Međ. sporedna, Regionalna | 1,43 | prema nameni |
| Slovenija | 4 | R1, R2, R3, R4 | 3,06 | prema nameni |
| Hrvatska | 6 | L1, L2, L3, L4, L5, L6 | 6,33 | kombinovana |
| Portugalija | 3 | Tip A, Tip B, Tip C | 1,18 | prema nameni |
| Letonija | 2 | Široki kolosek (1.520 mm), Normalni (1.435 mm) | 1,02 | prema tehničkim parametrima |
| Slovačka | 5 | Kategorije 1–5 | 1,70 | kombinovana |
| S. Makedonija | — | ne primenjuje se | — | — |
| Grčka | — | ne primenjuje se | — | — |
| Litvanija | — | ne primenjuje se | — | — |
| Bugarska | — | ne primenjuje se | — | — |

Odnos cena između najviše i najniže kategorije pokazuje značajne razlike među sistemima. Širina ovog raspona ima posledice po strukturu prihoda malih sistema. Na jednom kraju raspona, kategorija pruge koristi se kao primarno sredstvo prostornog razlikovanja, pa vozni kilometar na pruži najviše kategorije košta višestruko više nego na pruži najniže kategorije. Na drugom kraju, razlike između kategorija su zanemarljive, čime se deonice praktično izjednačavaju po ovom osnovu. Kod malih mreža sa ograničenim brojem deonica, preširoko razlikovanje može usmeriti saobraćaj ka deonicama nižih kategorija ili ka alternativnim vidovima transporta, dok preusko razlikovanje ukida mogućnost da se naknada prilagodi stvarnim razlikama u troškovima održavanja pojedinih delova mreže.

Elektrifikaciju kao element razlikovanja naknade primenjuje devet sistema. Bugarska u formuli MPU ne razlikuje naknadu prema vrsti vuče, ali kao jedini sistem od jedanaest analiziranih uvodi zasebnu komponentu za korišćenje distributivne mreže za vučnu električnu energiju, obračunatu prema stvarnoj potrošnji u MWh izmerenoj brojlama na

vučnim vozilima. Menadžer infrastrukture u ovom sistemu deluje kao distributer električne energije, a ne kao snabdevač, pa se naknada odnosi na korišćenje kontaktne mreže, ne na nabavku energije.

Crna Gora, iako je oko 90% mreže elektrifikovano sistemom 25 kV 50 Hz, ne primenjuje elektrifikaciju kao element u formuli minimalnog paketa usluga, već električnu energiju naplaćuje kao odvojenu naknadu.

Među analiziranim sistemima, Slovačka primenjuje poseban mehanizam prema kojem vozovi sa dizel vučom na elektrifikovanim deonicama plaćaju uvećanu naknadu. Obrazloženje proizlazi iz strukture troškova. Ovi vozovi ne koriste opremu za napajanje čije se održavanje finansira iz naknada, a istovremeno generišu emisije na infrastrukturi opremljenoj za vuču bez lokalnih zagađujućih materija. Mehanizam podstiče prelazak na električni pogon, bez uvođenja zasebnog elementa u strukturu naknade. Slovački pristup pokazuje da se regulatorni ciljevi mogu ugraditi u postojeće elemente proračuna bez dodatnog administrativnog opterećenja.

Doba dana u kojem se trasa koristi (vršni/vanvršni period ili dan/noć) kao element razlikovanja naknade primenjuje samo Portugalija, sa različitim jediničnim cenama po vremenskom periodu. Preostalih deset sistema ne razlikuje naknadu prema vremenskom periodu korišćenja. Ovo odsustvo odražava osobenost malih sistema, u kojima nizak obim saobraćaja i dovoljni kapaciteti eliminišu potrebu za vremenskim razlikovanjem koje bi upravljalo zagušenjem, kakvo se primenjuje kod velikih sistema radi preraspodele tražnje sa vršnih na vanvršne periode ili, u slučaju teretnih vozova, sa dana na noć.

Broj zaustavljanja primenjuje pet sistema, dok Letonija ima odvojenu naknadu za zaustavljanja van minimalnog paketa usluga. Zaustavljanja utiču na kapacitet infrastrukture i troškove korišćenja staničnih koloseka. Sistemi koji primenjuju ovaj element obično naplaćuju fiksni iznos po zaustavljanju ili razlikuju naknadu prema kategoriji stanice.

Dužina trase univerzalno je primenjena. Kategorija pruge i elektrifikacija koriste se selektivno, dok se vreme korišćenja i broj zaustavljanja primenjuju u manjem broju sistema. Dužina trase i elektrifikacija čine neophodnu osnovu strukture naknade, dok se kategorija pruge i zaustavljanja primenjuju zavisno od složenosti mreže, a vremensko razlikovanje je rezervisano za sisteme sa izraženim zagušenjem.

5.3.3. Elementi tehničkih karakteristika voza

Elementi tehničkih karakteristika voza odnose se na svojstva voznog parka koja utiču na habanje elemenata infrastrukture, potrošnju električne energije i zauzimanje kapaciteta. U ovu grupu spadaju masa voza, brzina voza, dužina voza, broj kola, vrsta vuče, broj lokomotiva i primena nagibne tehnike. Razlikovanje naknade prema ovim elementima odražava razlike u habanju koloseka, potrošnji energije i korišćenju kapaciteta.

Tabela 5.7. Elementi tehničkih karakteristika voza u strukturi naknada

| Država | Masa | Brzina | Dužina | Broj kola | Vuča | Nagibna tehnika |
|------------------|-------|--------|--------|-----------|------|-----------------|
| Srbija | ✓ (L) | — | — | — | ✓ | — |
| Crna Gora | ✓ (S) | — | — | — | — | — |
| Slovenija | ✓ (S) | ✓ | ✓ | — | ✓ | ✓ |
| Hrvatska | ✓ (S) | — | — | — | ✓ | ✓ |
| S. Makedonija | ✓ (S) | ✓ | — | — | i | — |
| Portugalija | — | — | — | — | ✓ | — |
| Grčka | ✓ (L) | — | — | — | i | — |
| Litvanija | ✓ (L) | — | — | — | ✓ | — |
| Letonija | ✓ (L) | — | i | ✓ | ✓ | — |
| Slovačka | ✓ (L) | — | — | — | ✓ | — |
| Bugarska | ✓ (L) | — | — | — | i | — |

Napomena: ✓ primenjuje se u formuli MPU, — ne primenjuje se. L = linearno (bruto-tonski kilometri), S = stepenasto (koeficijenti za klase mase), i = ugrađeno u druge elemente.

Masa voza, kao veličina koja određuje habanje i oštećenje elemenata infratrakture, prisutna je u formulama gotovo svih analiziranih sistema.

Portugalija je jedini sistem u kojem masa voza nije zastupljena kao zaseban element obračuna. Kod preostalih deset sistema primena mase voza zasniva se na dva pristupa. Linearni pristup koristi bruto-tonske kilometre kao jedinicu obračuna, pa se naknada izračunava kao proizvod mase voza, dužine trase i jedinične cene. Stepenasti pristup definiše klase mase sa različitim koeficijentima, pa se naknada određuje prema klasi u koju masa voza spada. Linearni pristup preciznije odražava habanje, dok stepenasti pojednostavljuje obračun i omogućava prevoznicima lakše predviđanje troškova.

Tabela 5.8. Primena mase voza, rasponi koeficijenata i pragovi promene

| Država | Tip strukture | Oblik | Merna jedinica | Broj kategorija | Raspon koef. | Odnos max:min | Pragovi promene (t) |
|------------------|---------------|------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------------|
| Srbija | (J+) | linearno | brtkm | — | — | — | — |
| Crna Gora | (M) | stepenasto | vkm | 6 | 0,10– 1,50 | 15:1 | 400, 500 |
| Slovenija | (M) | stepenasto | vkm | 6 | 0,68– 1,56 | 2,29:1 | 250, 500, 750 |
| Hrvatska | (M) | stepenasto | vkm | 8 | 0,27– 2,11 | 7,81:1 | 300 |
| S. Makedonija | (M) | stepenasto | vkm | 3 | 1,0–1,2 | 1,2:1 | 600 |
| Grčka | (M) | linearno | brtkm | — | — | — | — |
| Litvanija | (A) | linearno | brtkm | — | — | — | — |
| Letonija | (A) | linearno | brtkm | — | — | — | — |
| Slovačka | (A) | linearno | brtkm | — | — | — | — |
| Bugarska | (A) | linearno | brtkm | — | — | — | — |
| Portugalija | (J) | — | — | — | — | — | — |

Tip strukture: (J) jednostavni, (J+) jednostavni prošireni, (A) aditivni, (M) multiplikativni.

Unutar stepenastog pristupa, rasponi koeficijenata ukazuju na suprotne strategije modeliranja habanja. Hrvatski pristup teži preciznosti raspodele troškova habanja na račun složenosti proračuna, dok severnomakedonski teži jednostavnosti na račun proporcionalnosti. Kod linearnog pristupa ova dilema ne postoji jer se naknada menja neprekidno sa promenom mase.

Vrsta vuče (elektrovuča/dizel vuča) primenjuje se kod osam sistema. Severna Makedonija, Grčka i Bugarska razlikuju naknadu prema vrsti vuče kroz druge elemente (različite cene po tipu pruge ili odvojena naknada za kontaktnu mrežu). Crna Gora ne primenjuje ovaj element u formuli MPU. Razlikovanje po vrsti vuče odražava razlike u troškovima održavanja elektrifikovane infrastrukture (kontaktna mreža, napajanje) i može služiti kao instrument podsticanja ekološki prihvatljivije elektrovuče.

Brzina voza primenjuje se samo kod Slovenije i Severne Makedonije. Brzina utiče na habanje elemenata infrastrukture i korišćenje kapaciteta. Primena u samo dva sistema sugerise da mali sistemi ovaj element smatraju administrativno zahtevnim ili neprimenljivim na mrežama sa malim obimom saobraćaja.

Dužina voza primenjuje se samo kod Slovenije, dok Letonija koristi dužinu voza kroz pragove za popuste na pojedinim deonicama. Broj kola primenjuje samo Letonija. Nagibnu tehniku primenjuju Slovenija i Hrvatska kroz dodatne koeficijente.

Masa voza, kao element sa najvećom zastupljenošću u ovoj grupi, određuje habanje kolosečne konstrukcije. Vrsta vuče opravdana je razlikama u troškovima održavanja elektrifikovane infrastrukture. Preostali elementi (brzina, dužina voza, broj kola, nagibna tehnika) zastupljeni su u jednom ili dva sistema. U mrežama sa malim brojem trasa i ujednačenim sastavom vozova, razlike u brzini, dužini i masi vozova uglavnom nisu dovoljno izražene da opravdaju uvođenje ovih elemenata u strukturu naknade.

5.3.4. Elementi segmentacije tržišta

Elementi segmentacije tržišta odnose se na klasifikaciju vozova prema vrsti prevoza, nameni ili prioritetu. U ovu grupu spadaju razlikovanje prema vrsti prevoza (putnički/teretni saobraćaj), prioritet voza i tip voza prema nameni. Razlikovanje naknade po ovom osnovu odražava razlike u platežnoj sposobnosti pojedinih segmenata saobraćaja i njihovom društvenom značaju.

Tabela 5.9. Elementi segmentacije tržišta u strukturi naknada

| Država | Putnički/teretni | Odnos naknada | Prioritet | Tip po nameni |
|---------------|------------------|---------------|-----------|---------------|
| Srbija | ✓ | 1,50:1 (T>P) | — | — |
| Crna Gora | ✓ | 20:1 (T>P) | — | ✓ |
| Slovenija | ✓ | 1,23:1 (P>T) | — | s |
| Hrvatska | ✓ | 1,83:1 (T>P) | ✓ | ✓ |
| S. Makedonija | ✓ | s | — | ✓ |
| Portugalija | ✓ | s | ✓ | ✓ |
| Grčka | ✓ | 1,94:1 (P>T) | — | — |
| Litvanija | ✓ | s | — | ✓ |
| Letonija | ✓ | 3,28:1 (T>P) | s | ✓ |
| Slovačka | ✓ | s | ✓ | ✓ |
| Bugarska | — | — | — | ✓ |

Napomena: ✓ primenjuje se u formuli MPU, — ne primenjuje se, T>P = teretni saobraćaj ima višu jediničnu cenu, P>T = putnički ima višu cenu, s = složeno (razlikovanje primenom više elemenata).

Naknade za putnički i teretni saobraćaj razlikuju se u svim analiziranim sistemima osim Bugarske, u čijoj je Izjavi o mreži navedeno da naknade ne zavise od tipa voza. Smer razlikovanja (koji segment plaća više) zavisi od strukture tržišta, politike subvencionisanja železnice i metodologije obračuna.

Kod sistema sa uporedivim jediničnim cenama, odnos naknada između dva segmenta značajno varira. Pojedini sistemi primenjuju više naknade za teretni saobraćaj, dok u drugima putnički saobraćaj plaća višu naknadu. Srpska formula dodatno predviđa faktor F koji množi bruto-tonsku komponentu naknade prema kategoriji voza, ali pri važećoj

vrednosti $F = 1,0$ za sve kategorije ovaj mehanizam ne proizvodi razliku. U Grčkoj faktori postepenog uvođenja dovode do toga da putnički saobraćaj plaća približno dvostruko višu naknadu od teretnog.

Odnos naknada za dva segmenta odražava i režim finansiranja. Putnički saobraćaj na malim mrežama pretežno podleže obavezi javnog prevoza i finansira se iz javnih sredstava, dok teretni saobraćaj posluje na komercijalnoj osnovi. Struktura naknade koja značajno opterećuje teretni segment može ga učiniti nekonkurentnim prema drumskom transportu, a prenisko opterećenje putničkog segmenta povećava potrebu za budžetskim transferima menadžeru infrastrukture. Smer i intenzitet razlikovanja tako nisu samo rezultat metodologije obračuna, već i odluka o raspodeli troškova između komercijalnog i javnog sektora.

Tip voza prema nameni primenjuje većina sistema. Broj segmenata značajno varira. Litvanija razlikuje osam kategorija teretnog saobraćaja sa različitim tarifama za domaće i međunarodne relacije, a Crna Gora uvodi zasebne faktore za naročite pošiljke.

Prioritet voza kao faktor visine naknade primenjuju tri sistema (Hrvatska, Portugal, Slovačka). Letonija primenjuje prioritet posredno, kroz tržišne segmente. Kod ostalih sistema prioritet se koristi isključivo za dodelu kapaciteta, bez uticaja na visinu naknade.

Razlikovanje po vrsti prevoza i tipu voza prisutno je u gotovo svim sistemima jer proizlazi iz potrebe za tržišnom segmentacijom. Prioritet voza kao faktor visine naknade primenjuju samo tri sistema jer zagušenje kapaciteta na malim mrežama uglavnom nije izraženo u meri da bi dodatna naknada za prioritetne trase bila opravdana.

5.3.5. Posebni elementi

Posebni elementi obuhvataju mehanizme koji utiču na visinu naknade, ali ne opisuju karakteristike trase i voza niti tržišni segment. U ovu funkcionalnu grupu svrstavaju se ažuriranje vrednosti naknada, podsticaj za primenu sistema ETCS i podsticaj za smanjenje buke.

Ažuriranje vrednosti naknada omogućava prilagođavanje jediničnih cena promenama troškova u intervalima koji nisu vezani za dodelu kapaciteta. Pojedini sistemi cene usklađuju po unapred utvrđenim pravilima, dok drugi to čine bez utvrđenog postupka (tabela 5.10).

Pojedini sistemi ažuriranje cene ugrađuju u matematičku formulu za proračun naknade. Grčki sistem sadrži faktor koji prati ukupan rast cena od bazne 2019. godine prema

podacima grčkog zavoda za statistiku (*Hellenic Statistical Authority, ELSTAT*), tako da se vrednosti prilagođavaju bez posebnog regulatornog postupka. Letonski sistem predviđa rast naknade u skladu sa stopom inflacije, a telo za naplatu primenjuje koeficijente usklađivanja. Slovački sistem predviđa usklađivanje vrednosti prema stopi promena troškova, pri čemu se nove vrednosti primenjuju odlukom tela za naplatu najkasnije 30 kalendarskih dana pre početka primene.

Tabela 5.10. Posebni elementi strukture naknada

| Država | Ažuriranje | Mehanizam ažuriranja | ETCS | Buka |
|---------------|------------|--|----------------|------------|
| Srbija | — | po potrebi (najava 6 meseci unapred) | — | — |
| Crna Gora | — | bez utvrđenog postupka | — | — |
| Slovenija | ✓ | godišnje usklađivanje (korekcijski faktori) | ✓ (-0,03 €/km) | — |
| Hrvatska | — | bez utvrđenog postupka | — | — |
| S. Makedonija | ✓ | najava 3 meseca unapred | — | — |
| Portugalija | ✓ | godišnja revizija troškova (prosek 5 godina) | — | — |
| Grčka | ✓ | automatsko usklađivanje (rast cena, ELSTAT) | — | — |
| Litvanija | ✓ | revizija za svaki period reda vožnje | — | — |
| Letonija | ✓ | godišnje usklađivanje (stopa inflacije) | — | predviđeno |
| Slovačka | ✓ | usklađivanje (prema stopi promena troškova) | — | — |
| Bugarska | ✓ | godišnja revizija prema troškovima (najava 3 meseca) | — | — |

Napomena: ✓ primenjen mehanizam, — nije primenjen.

Drugi pristup podrazumeva redovnu reviziju vrednosti u okviru postupka pripreme Izjave o mreži. Portugalski sistem jedinične direktne troškove revidira na godišnjem nivou, pri čemu se utvrđuju kao prosek stvarnih vrednosti za poslednjih pet završenih budžetskih godina. Bugarski menadžer infrastrukture do 30. juna svake godine dostavlja regulatornom telu podatke o stvarnim troškovima tekućeg održavanja i utvrđuje potreban nivo naknada za narednu godinu, a svaka promena se javno objavljuje tri meseca pre stupanja na snagu. Litvanija utvrđuje tarife za svaki period važenja reda vožnje, Slovenija primenjuje godišnje usklađivanje korekcijskim faktorima, a Severna Makedonija predviđa najavu tri meseca unapred.

Srbija, Crna Gora i Hrvatska nemaju formalan mehanizam ažuriranja. U srpskom sistemu, cene za MPU mogu se izmeniti u zavisnosti od uslova na tržištu, uz obavezu objavljivanja najkasnije šest meseci unapred. Crnogorski menadžer infrastrukture zadržava pravo izmene cena uz objavu u izmenama i dopunama Izjave o mreži i blagovremeno obaveštavanje

prevoznika, ali bez utvrđenog postupka ili roka. Hrvatski menadžer infrastrukture ne primenjuje mehanizam ažuriranja naknada za MPU. Bez utvrđenog postupka, naknade se sporije prilagođavaju promenama troškova, ali prevoznici imaju veću predvidivost cena.

Podsticaj za primenu sistema ETCS i podsticaj za smanjenje buke omogućavaju da se naknadom utiče na opremanje vozova ovim sistemom i na smanjenje uticaja buke na životnu sredinu.

Od analiziranih sistema, samo Slovenija primenjuje podsticaj za ETCS, umanjnjem naknade od 0,03 evra po kilometru za vozove opremljene ovim sistemom na prugama sa pružnom ETCS opremom. ETCS oprema postoji na pojedinim deonicama u više sistema, ali nijedan od njih ne predviđa odgovarajući podsticaj. Oprema je skupa, a mali sistemi nemaju dovoljno sredstava za usklađivanje sa TSI standardima.

Podsticaj za smanjenje buke ne primenjuje nijedan od analiziranih sistema. Pojedini sistemi predviđaju pravni osnov za uvođenje ovog elementa, ali ga ne primenjuju. Hrvatski sistem navodi da ne naplaćuje dodatak za zaštitu životne sredine za red vožnje 2022/2023. Letonski sistem predviđa mogućnost uvođenja ekološke naknade u skladu sa ciljevima iz višegodišnjeg ugovora, ali ova naknada do sada nije primenjena. Bugarski i grčki sistem navode propise o buci na mreži, ali ih ne uključuju u proračun naknade. Za uvođenje ovog podsticaja potrebno je meriti buku i proveravati usklađenost voznih sredstava, za šta većina analiziranih sistema nema uslove. Na ovim mrežama saobraća znatno manje vozova nego na mrežama razvijenijih sistema, pa je i problem buke manje izražen.

Odsustvo ovih elemenata ne predstavlja odstupanje od regulatornog okvira EU. Direktivom 2012/34/EU predviđa se mogućnost, ne obaveza, uvođenja podsticaja za interoperabilnost i zaštitu životne sredine. Mali sistemi prednost daju elementima koji doprinose pokrivanju troškova i upravljanju tražnjom, a podsticaje uvode tek kada za to imaju tehničke i administrativne uslove.

Od pet analiziranih funkcionalnih grupa, posebni elementi prisutni su u malom broju sistema. Ažuriranje vrednosti zahteva samo primenu postojećeg indeksa cena ili redovnu reviziju, dok podsticaji za ETCS i smanjenje buke zahtevaju opremu za merenje i postupke provere usklađenosti. Broj sistema koji primenjuje posebne elemente zavisi od zahtevnosti primene, a ne od stepena usklađenosti sa regulatornim okvirom.

5.4. Analiza komponenti strukture naknade za minimalni paket usluga

Prethodna analiza pojedinačnih elemenata pokazala je koje varijable i koeficijenti ulaze u matematičke formule za proračun. Razvrstavanjem elemenata u komponente moguće je iskazati učešće pojedinih usluga u ukupnoj naknadi i uporediti način na koji analizirani sistemi vrednuju korišćenje infrastrukture.

Struktura naknade za MPU može se predstaviti opštom aditivnom formulom:

$$TAC = K_{oz} + K_{kzi} + K_{ee} + K_{rus} + K_{inf} \quad (5.4)$$

gde su: K_{oz} komponenta obrade zahteva za dodelu kapaciteta, K_{kzi} komponenta korišćenja železničke infrastrukture, K_{ee} komponenta korišćenja opreme za napajanje električnom energijom za vuču, K_{rus} komponenta regulisanja i upravljanja saobraćajem i K_{inf} komponenta pružanja dodatnih informacija.

Navedene komponente odgovaraju uslugama koje čine minimalni paket prema Direktivi 2012/34/EU. Definisane komponente služi kao analitički okvir za poređenje i ne pretpostavlja da su sve komponente zastupljene u svakom sistemu naplate. Gde pojedina komponenta nije zasebno iskazana, njena vrednost iznosi nula ili je objedinjena sa drugim komponentom.

Komponenta korišćenja infrastrukture K_{kzi} obuhvata troškove koji nastaju prolaskom voza kroz mrežu i može se raščlaniti na podkomponentu kapaciteta, koja izražava vrednost zauzeća infrastrukture nezavisno od fizičkog opterećenja, i podkomponentu habanja, koja obuhvata troškove održavanja nastale usled mehaničkog dejstva voza na gornji i donji stroj pruge (Malčić i dr., 2026c). Raščlanjivanje se iskazuje formulom:

$$K_{kzi} = K_{kap} + K_{hab} \quad (5.5)$$

gde su: K_{kap} podkomponenta kapaciteta i K_{hab} podkomponenta habanja.

Relativni odnos između kapaciteta i habanja definiše se formulom:

$$r = \frac{K_{hab}}{K_{kap}} \quad (5.6)$$

Vrednost ovog odnosa pokazuje na koji način menadžer infrastrukture vrednuje zauzeće kapaciteta u poređenju sa fizičkim opterećenjem. Pri $r > 1$ veći deo naknade otpada na habanje, pri $r < 1$ na kapacitet, a pri $r = 1$ oba aspekta korišćenja infrastrukture vrednovana su ravnomerno.

Analiza učešća komponenti izvršena je posebno za teretni i za putnički saobraćaj. Razlozi za razdvajanje nisu samo metodološke prirode (različite referentne mase), nego proizilaze iz suštinski različite uloge naknade u dva segmenta tržišta. Pretpostavke za proračune u oba segmenta obuhvataju elektrifikovanu trasu, međunarodnu glavnu prugu (prva kategorija), redovan voz i redovan zahtev za trasom.

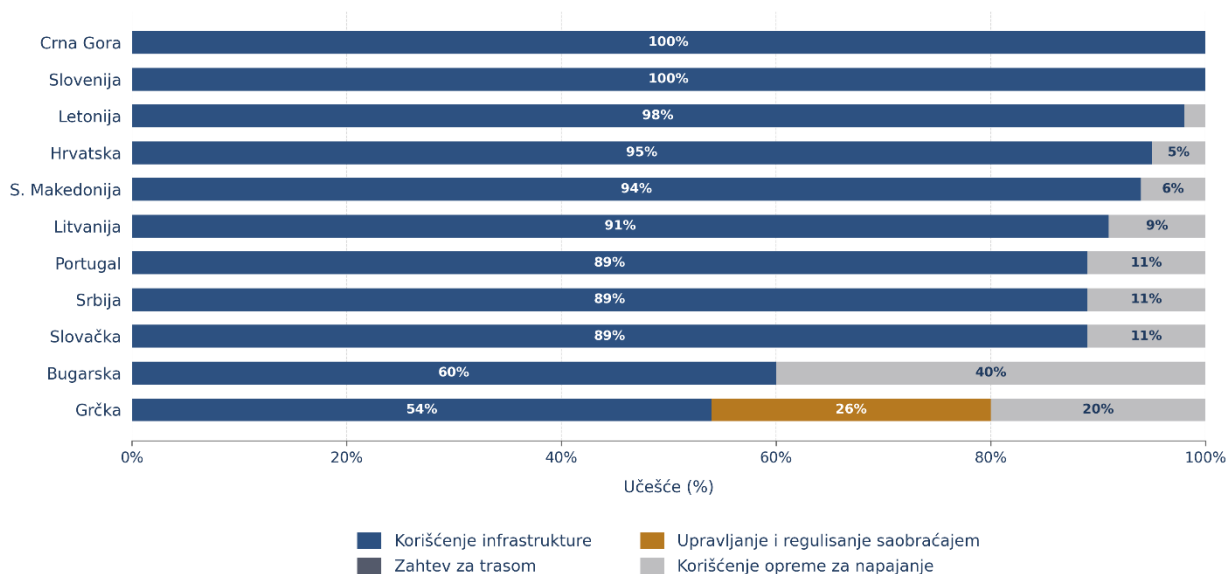
5.4.1. Struktura naknade u teretnom saobraćaju

Prilikom podnošenja zahteva za trasu određuju se masa voza, izbor trase, vreme polaska i tip voznog sredstva. Masa teretnog voza u evropskim uslovima kreće se od nekoliko stotina do preko 2.000 tona, pa je odnos habanja i kapaciteta osetljiv na promenu mase. Analiza stoga obuhvata raspodelu ukupne naknade po komponentama, odnos kapaciteta i habanja unutar te raspodele i promenu tog odnosa pri različitim masama voza.

užina referentne trase iznosi 220 km. Ova vrednost određena je na osnovu srednje vrednosti rastojanja prevoza jedne tone tereta na odabranim malim železničkim sistemima, pri čemu su svi učesnici grupe posmatrani ravnopravno bez obzira na različite obime prevoza. Za referentni teretni voz usvojena je bruto masa od 1.000 tona i najveća brzina od 80 km/h. Vrednost mase od 1.000 tona koristi se u izveštajima IRG-Rail za praćenje tržišta železničkih usluga (IRG-Rail, 2023a) i u analizi tržišta Zapadnog Balkana (Transport Community, 2023). Najveća brzina od 80 km/h odgovara ograničenjima na većini deonica za ovu kategoriju saobraćaja. Rezultate proračuna treba tumačiti kao okvirne vrednosti odnosa između komponenti, a ne kao stvarne iznose naknada (Malčić i dr., 2026c).

Kod aditivnih struktura učešće kapaciteta i habanja može se neposredno utvrditi iz formule jer su izraženi zasebnim članovima sa sopstvenim jediničnim cenama i mernim jedinicama. Kod multiplikativnih struktura, gde je masa voza izražena kao koeficijent u okviru proizvoda varijabli, ovakvo razdvajanje nije moguće. Za potrebe razdvajanja učešća ovih komponenti usvojena je pretpostavka prema kojoj vrednost koeficijenta mase od 1 odgovara ravnomernom učešću kapaciteta i habanja (odnos 1:1). U analiziranim multiplikativnim strukturama koeficijent mase po pravilu ima vrednost 1 za vozove mase 800 do 1.000 tona, što odgovara referentnom teretnom vozu. Sa povećanjem mase iznad ove vrednosti koeficijent mase raste, čime raste i učešće habanja, dok sa smanjenjem mase koeficijent opada i raste učešće kapaciteta. Ovakav pristup ne daje tačne vrednosti, ali omogućava dovoljno pouzdanu procenu za uporednu analizu.

Rezultati proračuna učešća komponenti za referentni teretni voz prikazani su na slici 5.6.



Slika 5.6. Relativno učešće komponenti strukture naknade za referentni teretni voz u MPU

Komponenta korišćenja infrastrukture čini najveći deo naknade u svim sistemima, a u većini prelazi 89% ukupne vrednosti. Gde je učešće ove komponente 100%, ostale komponente su objedinjene sa njom ili se ne naplaćuju posebno, čime je proračun pojednostavljen, ali prevoznici nemaju uvid u strukturu troškova koje plaćaju.

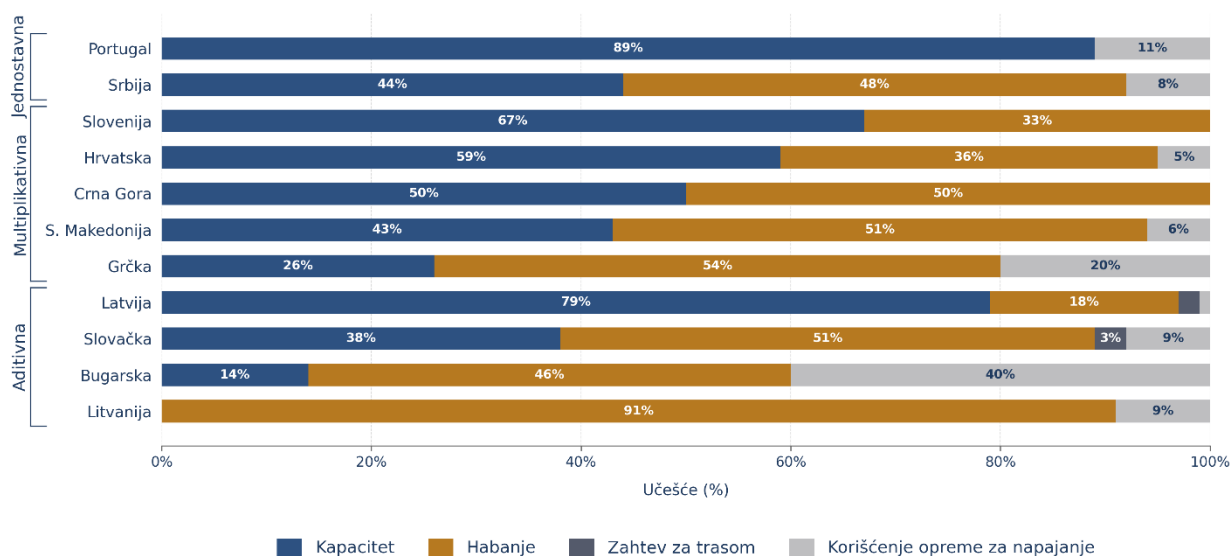
Komponenta korišćenja opreme za napajanje električnom energijom zasebno je iskazana u šest sistema, sa učešćem od nekoliko procenata do 40% (Bugarska). Gde je ova komponenta objedinjena sa osnovnom jediničnom cenom, njeno učešće nije moguće zasebno odrediti. Visoko učešće u Bugarskoj može biti posledica visokih cena električne energije, lokomotiva sa visokom potrošnjom ili odluke da se veći deo ukupnih troškova raspodeli na ovu komponentu.

Komponenta obrade zahteva zasebno je iskazana u tri sistema sa učešćem do 3%. U Crnoj Gori ovaj trošak uključen je u komponentu korišćenja infrastrukture. Komponenta regulisanja i upravljanja saobraćajem zasebno je iskazana samo u Grčkoj, gde čini četvrtinu ukupne naknade. Komponenta pružanja dodatnih informacija nije utvrđena ni u jednom sistemu.

Struktura naknada kod malih sistema u praksi se svodi na komponentu korišćenja infrastrukture, uz povremeno pojavljivanje komponente električne energije i administrativne komponente. Menadžeri infrastrukture malih sistema administrativne

troškove i troškove regulisanja saobraćaja najčešće ugrađuju u komponentu korišćenja infrastrukture, pa se iz formule ne vidi koliko koja usluga učestvuje u ukupnoj naknadi.

Raščlanjivanje komponente korišćenja infrastrukture na kapacitet i habanje za referentni teretni voz prikazano je na slici 5.7. Komponenta regulisanja i upravljanja saobraćajem, koja je zasebno iskazana samo u Grčkoj, po svojoj prirodi pripada korišćenju kapaciteta jer troškovi regulisanja nastaju usled zauzetosti infrastrukture. Na slici 5.7 ova komponenta stoga je prikazana u okviru kapaciteta.



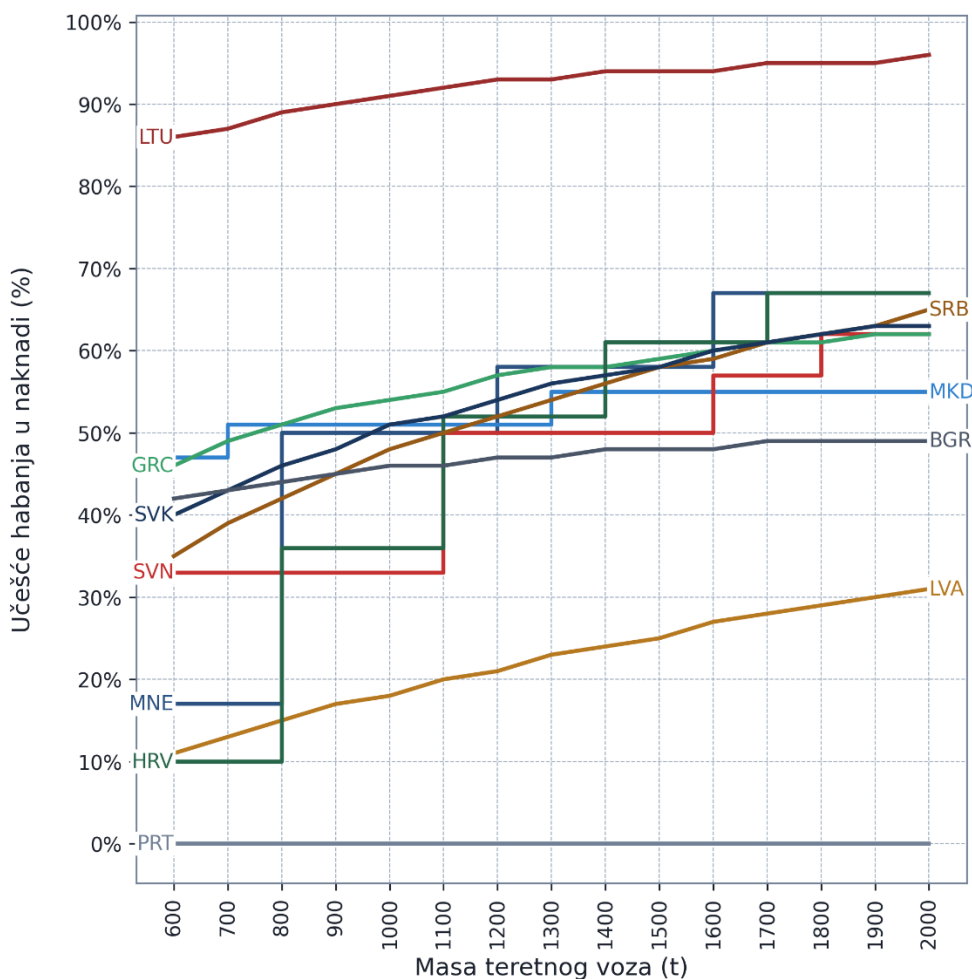
Slika 5.7. Učešće kapaciteta i habanja u strukturi naknade za referentni teretni voz

Sistemi se jasno razdvajaju na one sa pretežnim učešćem kapaciteta i one sa pretežnim učešćem habanja. Portugal ne uključuje masu voza u proračun i sve vozove vrednuje jednako, pa naknada odražava korišćenje infrastrukture nezavisno od mase voza. Na suprotnom kraju, Litvanija naplaćuje po bruto-tonskim kilometrima i celokupnu naknadu vezuje za masu voza, bez komponente kapaciteta.

Srbija je najbliža ravnomernom vrednovanju oba aspekta među analiziranim sistemima.

Učešće iznad 80% u bilo kojoj podkomponenti ukazuje na mogući nesklad između strukture naknade i raspodele troškova. Troškovi kapaciteta (upravljanje saobraćajem, signalizacija) i troškovi habanja (održavanje gornjeg i donjeg stroja) u praksi se javljaju istovremeno, pa potpuno zanemarivanje jedne od njih ne odražava stvarno stanje.

Prethodna analiza učešća habanja zasnovana je na referentnom teretnom vozilu mase 1.000 tona. Radi obuhvata šireg raspona masa, analiza je proširena na teretne vozove mase od 600 do 2.000 tona, a rezultati su prikazani na slici 5.8.

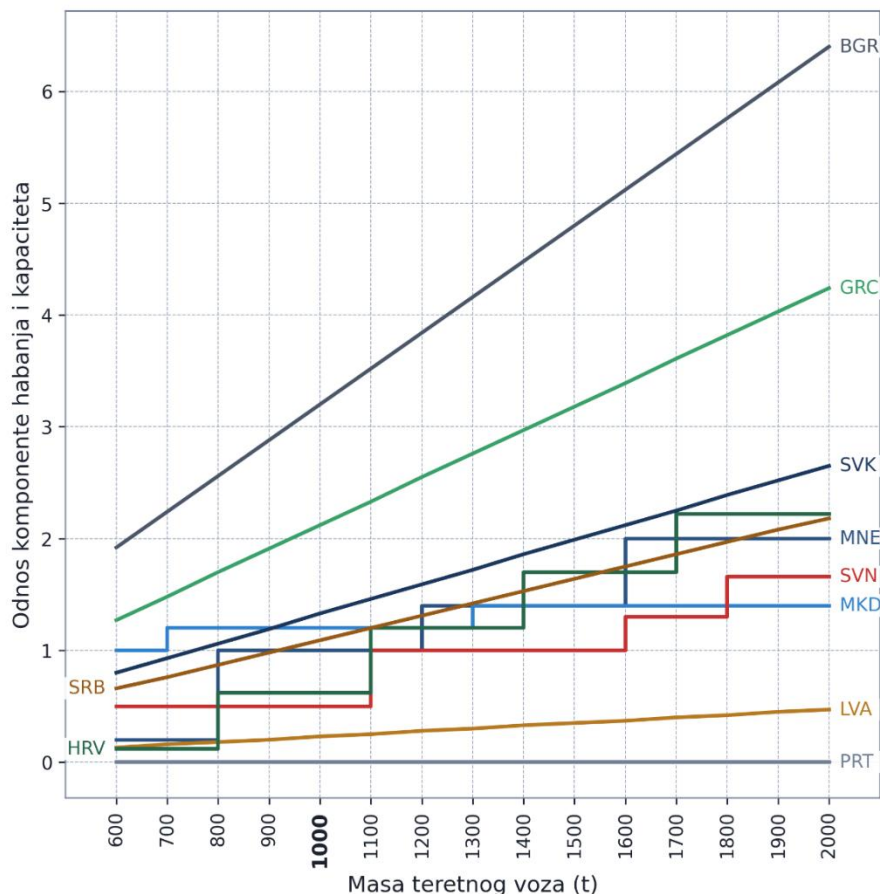


Slika 5.8. Relativno učešće habanja u strukturi naknade za teretni voz

U svim sistemima učešće habanja raste sa povećanjem mase, ali se stope rasta i oblici krivih razlikuju. Litvanija i Portugal zadržavaju krajnje vrednosti u celom rasponu masa, čime se potvrđuje da tip strukture određuje osetljivost na promenu mase. Između ova dva ekstrema sistemi se grupišu prema tipu strukture. Aditivne strukture (Bugarska, Slovačka, Letonija) beleže pravilan, postepen rast jer se habanje izračunava neposredno na osnovu stvarne vrednosti mase. Multiplikativne strukture (Hrvatska, Crna Gora, Slovenija, Severna Makedonija) pokazuju stepenaste promene na granicama razreda koeficijenata mase. Srbija i Grčka beleže ravnomeran rast sličan aditivnim strukturama.

Za manje mase razlike među sistemima su izraženije nego za veće. Sa povećanjem mase sistemi se približavaju većim vrednostima učešća habanja, ali redosled sistema ostaje uglavnom nepromenjen. Stepenaste promene kod multiplikativnih struktura naročito su uočljive kod Hrvatske i Crne Gore, gde prelazak granice razreda koeficijenata dovodi do naglog porasta učešća habanja.

Odnos $r = \frac{K_{hab}}{K_{kap}}$ zavisi od mase voza jer habanje raste sa povećanjem bruto mase, dok kapacitet ostaje nepromenjen ili se menja u manjoj meri. Vrednosti odnosa za teretne vozove masa 500, 1.000, 1.500 i 2.000 tona prikazane su na slici 5.9.



Slika 5.9. Odnos habanja i kapaciteta za teretne vozove različitih masa

Raspon odnosa kreće se od vrednosti znatno ispod 1 do iznad 6, što predstavlja razliku od skoro 50 puta između krajnjih sistema. Razlika ovog reda veličine ne može se objasniti samo razlikama u strukturi troškova, već odražava različite pristupe naplate.

Kod svih sistema odnos raste sa povećanjem bruto mase, što je očekivano jer veća masa prouzrokuje intenzivnije habanje. Stope rasta prate obrasce utvrđene za učešće habanja. Kod aditivnih struktura beleži se pravilan rast, a kod multiplikativnih stepenaste promene.

Odnos između habanja i kapaciteta određuje koliko je naknada za korišćenje infrastrukture zavisna od mase voza. U sistemima sa visokim odnosom habanja prema kapacitetu, teži vozovi plaćaju znatno veću naknadu jer habanje ima dominantnu ulogu u obračunu, što podstiče racionalizaciju opterećenja pruge. U sistemima sa niskim odnosom habanja prema kapacitetu, razlike u masi slabo utiču na visinu naknade, pa troškove habanja teških vozova

posredno snose i prevoznici lakših vozova. Time se narušava princip uzročnosti prema kojem troškove snosi onaj ko ih prouzrokuje.

5.4.2. Struktura naknade za putnički saobraćaj

Metodologija proračuna za putnički saobraćaj identična je onoj primenjenoj za teretni. Razlika proizlazi iz strukturnih karakteristika putničkog saobraćaja koje menjaju funkciju naknade i način tumačenja rezultata.

U teretnom saobraćaju naknada predstavlja trošak koji prevoznik ugrađuje u cenu prevozne usluge, a komponente naknade deluju kao cenovni signali. Komponenta habanja podstiče optimizaciju bruto mase, komponenta kapaciteta odražava manjak infrastrukturnog kapaciteta, a diferencijacije po deonicama ili periodima usmeravaju saobraćaj ka manje opterećenim delovima mreže. U putničkom saobraćaju taj mehanizam deluje na drugačiji način. Putnički prevoz na železnici u evropskim državama pretežno se obavlja u režimu obaveze javnog prevoza, regulisanom Uredbom (EZ) br. 1370/2007. Nadležni organ definiše obim prevozne usluge (linije, frekvenciju polazaka, kapacitet, tarifne uslove) i kompenzuje prevoznika za njeno obavljanje. Kompenzacija se utvrđuje u jednom od dva oblika. Kod neto ugovora prevoznik zadržava prihod od prodaje karata, a nadležni organ nadoknađuje razliku do opravdanih troškova uvećanih za razumnu dobit. Kod bruto ugovora nadležni organ plaća ukupnu kompenzaciju za obavljanje usluge, a prihod od prodaje karata ne pripada prevozniku. Bruto oblik se u praksi pokazao pogodnijim za podsticanje konkurencije pri dodeli PSO ugovora jer smanjuje informacionu asimetriju između istorijskog prevoznika, koji raspolaže podacima o prihodima od karata, i novog učesnika na tržištu (European Commission, 2018). Bez obzira na oblik kompenzacije, naknada ulazi u opravdane troškove prevoznika i posredstvom PSO mehanizma se posredno prenosi na budžet nadležnog organa. Krajnji nosilac troška naknade stoga nije prevoznik nego budžet nadležnog organa, a prevoznik nema motiv niti prostor da prilagodi ponašanje radi smanjenja naknade jer su parametri saobraćaja određeni ugovorom o javnom prevozu.

Na malim železničkim mrežama ova karakteristika je još izraženija. U sistemima koji su predmet analize, putnički saobraćaj se gotovo u celini obavlja u PSO režimu. Tržišna konkurencija u putničkom segmentu ne postoji ili se svodi na pojedinačne komercijalne linije zanemarljivog obima. Prevoznik u putničkom saobraćaju, najčešće jedan u državnom vlasništvu ili pod direktnom kontrolom države, ima ograničenu autonomiju u donošenju operativnih odluka.

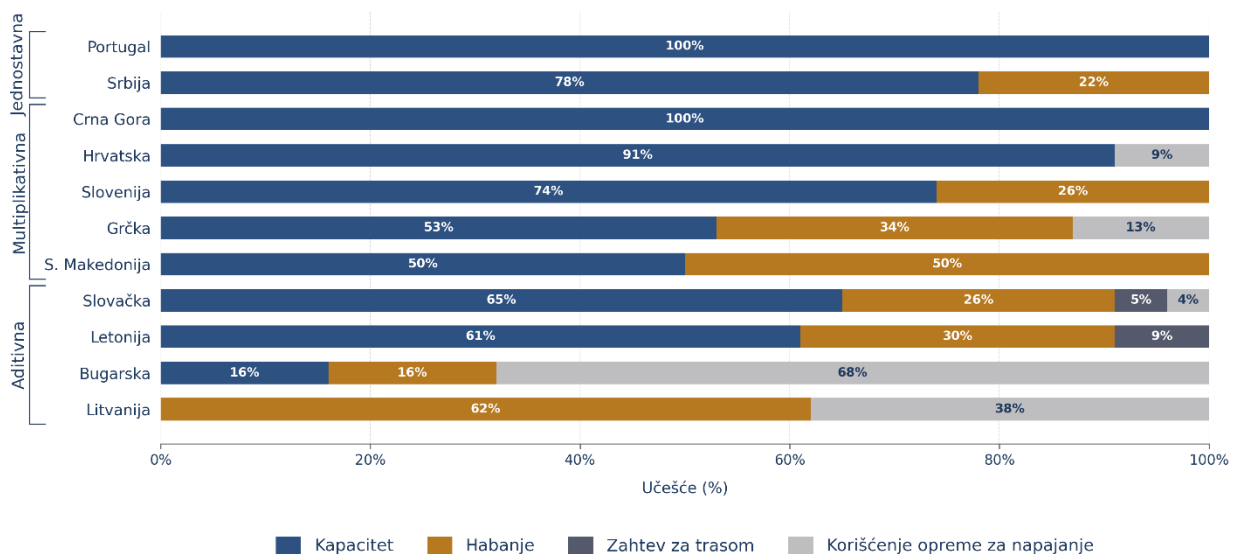
Tehničke karakteristike putničkih vozni sredstava dodatno sužavaju prostor u kojem struktura naknade može uticati na ponašanje prevoznika. U bruto masi putničke kompozicije veći udeo ima tara voznog sredstva, dok korisni teret (putnici sa prtljagom) čini mali udeo u ukupnoj masi. Elektromotorna garnitura bruto mase 200 do 250 tona pri punoj popunjenosti nosi 15 do 20 tona korisnog tereta, što predstavlja udeo korisnog tereta od približno 7 do 9%. Kod lokomotivskih kompozicija sa četiri do šest putničkih kola (bruto mase 350 do 500 tona) taj udeo je još manji i ne prelazi 6 do 7%. Komponenta habanja, koja u teretnom saobraćaju varira u širokom rasponu zavisno od mase kompozicije, u putničkom saobraćaju ostaje gotovo konstantna bez obzira na stepen popunjenosti. Funkcija komponente habanja kao cenovnog signala koji podstiče optimizaciju mase time je praktično neutralisana.

Analiza komponenti strukture naknade za putnički saobraćaj stoga pokazuje raspodelu ukupnog troška pristupa infrastrukturi po komponentama i visinu tog troška po jedinici prevoznog rada. Rezultati omogućavaju poređenje načina na koji različiti mali sistemi raspoređuju troškove infrastrukture na putnički segment i pokazuju koliko struktura naknade opterećuje PSO mehanizam i time utiče na održivost putničkog saobraćaja na malim mrežama.

Dužina referentne trase za putnički saobraćaj iznosi 50 km. Ova vrednost određena je na osnovu srednjeg rastojanja putovanja putnika na odabranim malim železničkim sistemima. Za referentni putnički voz usvojena je bruto masa od 300 tona i najveća brzina od 100 km/h. Vrednost od 300 tona odgovara elektromotornoj garnituri ili lokomotivskoj kompoziciji sa četiri do šest putničkih kola. Za elektromotorne garniture tipičan opseg iznosi 200 do 250 tona, dok klasični sastavi sa lokomotivskom vučom dostižu masu od 400 do 550 tona (Bošković i dr., 2022). Usvojena vrednost predstavlja sredinu između ova dva tipa i omogućava reprezentativan proračun kod sistema koji u strukturi naknada primenjuju koeficijente mase. Najveća brzina od 100 km/h odgovara uslovima na međunarodnim glavnim prugama.

Rezultati proračuna učešća komponenti za referentni putnički voz prikazani su na slici 5.10. Za razliku od teretnog saobraćaja, gde je analiza komponenti sprovedena u dva koraka (učešće pet komponenti, a zatim raščlanjivanje korišćenja infrastrukture na kapacitet i habanje), za putnički saobraćaj oba nivoa raščlanjivanja prikazana su na jednom dijagramu. Masa putničkog voza ne varira u meri koja bi opravdala zasebnu analizu promene odnosa kapaciteta i habanja po razredima mase, pa su kapacitet i habanje iskazani neposredno.

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za male železničke mreže



Slika 5.10. Relativno učešće komponenti strukture naknade za referentni putnički voz

Kapacitet čini pretežan deo naknade u većini analiziranih sistema, sa učešćem koje u pojedinim sistemima dostiže 100%. Izuzetke predstavljaju Severna Makedonija sa ravnomernim učešćem kapaciteta i habanja, Bugarska gde ni kapacitet ni habanje ne čine pretežan deo naknade, i Litvanija kao jedini sistem u kojem kapacitet nema zasebno učešće u strukturi naknade za putnički voz.

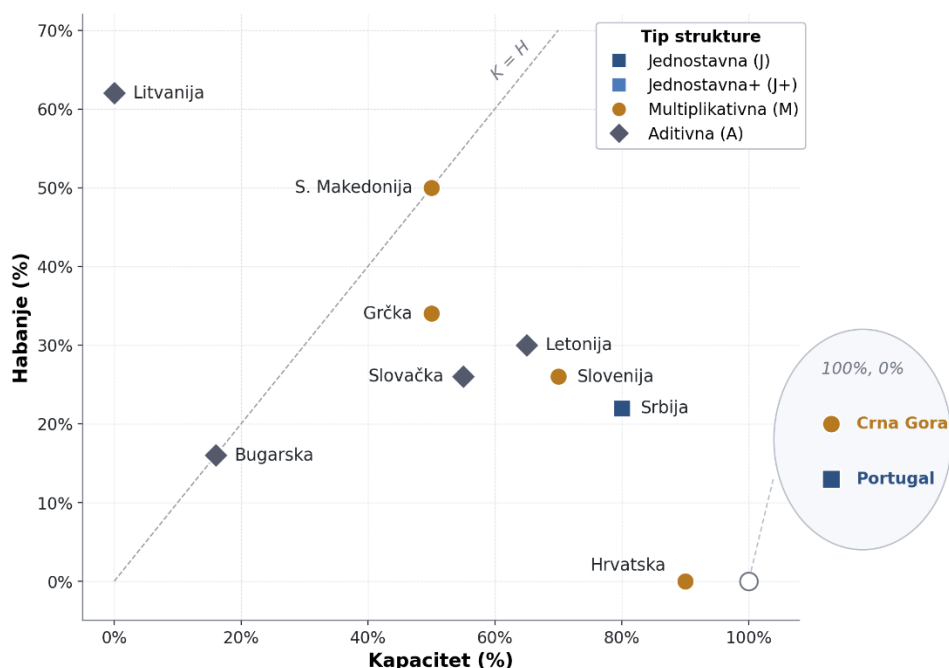
Habanje u putničkom saobraćaju ima znatno manje učešće nego u teretnom, što je neposredna posledica razlike u bruto masi referentnih vozova (300 prema 1.000 tona). Samo u malom broju sistema habanje prelazi trećinu ukupne naknade. Kod multiplikativnih struktura nisko učešće habanja posledica je vrednosti koeficijenta mase koji za putnički voz od 300 tona pripada najnižem razredu.

Komponenta korišćenja opreme za napajanje električnom energijom zasebno je iskazana u šest sistema, sa rasponom učešća od nekoliko procenata do 68% u Bugarskoj. Obrada zahteva za trasom zasebno je iskazana samo u jednom sistemu sa zanemarljivim učešćem. Regulisanje i upravljanje saobraćajem i pružanje dodatnih informacija nisu utvrđeni ni u jednom sistemu kao zasebne stavke.

Poređenje sa teretnim saobraćajem otkriva dve strukturne razlike. Prvo, učešće komponente zauzeća kapaciteta u strukturi naknade za putnički saobraćaj veće je u svim sistemima gde je habanje uopšte prisutno. Takav rezultat je očekivan jer se sa nižom bruto masom smanjuje iznos komponente habanja dok komponenta zauzeća kapaciteta ostaje nepromenjena ili se menja u manjoj meri. Drugo, učešće komponente korišćenja postrojenja za napajanje električnom energijom u pojedinim sistemima se povećava, što ukazuje na to da se sa

smanjenjem komponente habanja relativni udeo ove komponente automatski povećava u strukturi naknade, čak i ako njena apsolutna vrednost ostaje ista ili se smanjuje.

Raspored sistema prema učešću kapaciteta i habanja u naknadi za referentni putnički voz prikazan je na slici 5.11.



Slika 5.11. Učešće kapaciteta i habanja u strukturi naknade za referentni putnički voz

Dijagram prikazuje učešće kapaciteta na horizontalnoj i habanja na vertikalnoj osi, sa isprekidanom linijom jednakog učešća ($K = H$). Sistemi kod kojih učešće kapaciteta i habanja ne dostiže 100% imaju preostali deo raspodeljen na ostale komponente (korišćenje opreme za napajanje, obrada zahteva).

Portugalija i Crna Gora nalaze se u krajnjoj tački dijagrama jer masa voza ne ulazi u proračun ili je njen uticaj u celini obuhvaćen jediničnom cenom korišćenja infrastrukture. Na suprotnom kraju, Litvanija nema zasebnu komponentu kapaciteta i čini drugi ekstrem. Između ova dva pola sistemi se raspoređuju u oblasti gde kapacitet premašuje habanje, što potvrđuje da u putničkom saobraćaju struktura naknade odražava pretežno zauzeće kapaciteta, a ne masu voza.

Bugarska predstavlja izuzetak jer najveći deo naknade otpada na komponentu korišćenja opreme za napajanje, dok kapacitet i habanje zajedno čine manji deo ukupnog iznosa. Ova raspodela proizlazi iz tarifnog modela u kojem se električna energija obračunava kao zasebna stavka, a osnovna komponenta korišćenja infrastrukture ima manje učešće nego u ostalim sistemima.

Raspored sistema na tačkastom dijagramu pokazuje vezu između tipa strukture i odnosa kapaciteta i habanja. Multiplikativne i aditivne strukture razlikuju se po tom odnosu, dok kod jednostavnih struktura preovladava kapacitet.

Komponenta habanja u putničkom saobraćaju ne funkcioniše kao cenovni signal. Kod većine sistema habanje učestvuje sa manje od trećine ukupne naknade, a odstupanje mase putničkog voza uslovljeno stepenom popunjenosti menja učešće habanja u zanemarljivoj meri. Struktura naknade za putnički saobraćaj stoga u praksi funkcioniše kao naknada za zauzeće kapaciteta sa dodatkom za habanje koji ne utiče na odluke prevoznika.

5.5. Sinteza analize i smernice za modeliranje strukture naknade

Komparativnom analizom jedanaest malih železničkih sistema utvrđene su pravilnosti u primeni naknada za MPU, razlike u pristupima naplate i zajedničke karakteristike koje proizlaze iz veličine sistema i ograničenosti regulatornih mogućnosti. Ovaj odeljak povezuje te rezultate i izvlači smernice za modeliranje strukture naknade.

Od devetnaest izdvojenih elemenata strukture naknade, četiri čine zajedničku osnovu gotovo svih analiziranih sistema: dužina trase, masa voza, elektrifikacija i razlikovanje prema vrsti prevoza. Preostali elementi pojavljuju se sporadično, uglavnom u po jednom ili dva sistema. Takva zastupljenost ukazuje na to da mali sistemi ne koriste složenije elemente (brzina, dužina voza, vremensko razlikovanje) ne zato što su ti elementi nerelevantni za raspodelu troškova, već zato što mali obim saobraćaja i jednolična struktura voznog parka ne opravdavaju administrativni trošak njihovog praćenja i obračuna. Složenost strukture naknade, merena brojem elemenata, kreće se od četiri do osam po sistemu. Taj raspon prevazilazi razlike u veličini mreže i upućuje na uticaj nasleđenog načina regulisanja.

Tip formule za proračun naknade pokazuje geografsku pravilnost. Multiplikativne strukture zastupljene su u četiri od pet država nastalih raspadom Jugoslavije i u Grčkoj, dok aditivne strukture odlikuju baltičke zemlje i Slovačku. Ta pravilnost ukazuje na to da nasleđeni način regulisanja i administrativni pristup utiču na izbor tipa strukture u meri uporedivoj sa tehničkim i ekonomskim razlozima. Indeks preglednosti formule za proračun naknade pokazao je vezu između tipa formule i sposobnosti formule da prenese cenovne signale. Aditivne strukture ostvaruju najviše vrednosti indeksa jer rastavljaju naknadu na sabirke od kojih svaki odgovara zasebnoj dimenziji korišćenja infrastrukture. Multiplikativne strukture ostvaruju najniže vrednosti jer promena jednog koeficijenta utiče na rezultat nelinearno, u

zavisnosti od vrednosti svih ostalih koeficijenata. Pozitivna korelacija između broja jediničnih cena u formuli i vrednosti indeksa preglednosti ($r = 0,771$) potvrđuje da raščlanjivanje naknade na više vidljivih sastavnih delova doprinosi razumljivosti obračuna.

Komponenta korišćenja infrastrukture čini pretežan deo naknade u svim sistemima. Preostale komponente minimalnog paketa (obrada zahteva, regulisanje saobraćaja, električna energija, dodatne informacije) ili su objedinjene u njoj ili su zasebno iskazane u malom broju sistema. Struktura naknade kod malih sistema svedena je na jednu do dve komponente, iako Direktiva 2012/34/EU predviđa pet kategorija usluga. Objedinjavanje troškova pojednostavljuje obračun, ali smanjuje preglednost jer prevoznik ne može da vidi koliko koja usluga učestvuje u ukupnoj naknadi.

Raščlanjivanje komponente korišćenja infrastrukture na podkomponentu kapaciteta i podkomponentu habanja otkrilo je razlike u tome kako pojedini sistemi vrednuju korišćenje mreže. Kod sistema sa visokim odnosom habanja prema kapacitetu naknada se značajno menja sa promenom mase voza i podstiče racionalizaciju opterećenja. Kod sistema sa niskim odnosom razlike u masi slabo utiču na visinu naknade, čime se troškovi habanja teških vozova raspoređuju i na prevoznike lakših vozova. U putničkom saobraćaju odnos je znatno manji jer je bruto masa pretežno određena tarom voznog sredstva, a ne korisnim teretom. Odstupanje mase uslovljeno stepenom popunjenosti menja učešće habanja u zanemarljivoj meri, pa komponenta habanja u putničkom saobraćaju ne funkcioniše kao cenovni signal. Budući da se u uslovima obaveze javnog prevoza naknada prenosi na budžet nadležnog organa, struktura naknade u tom segmentu utiče na rashode budžeta, ne na ponašanje prevoznika.

Dva pristupa primeni mase voza u proračunu (linearni i stepenasti) imaju različite posledice na proporcionalnost naknade. Linearni obračun koristi stvarnu vrednost bruto mase i obezbeđuje neprekidnu promenu naknade sa promenom mase. Stepenasti pristup definiše razrede sa zasebnim koeficijentima, pa prelazak iz jednog razreda u drugi može proizvesti nesrazmerno povećanje naknade. Stepenaste promene naknade podstiču prilagođavanje formiranja voza pragovima razreda umesto tehnički efikasnom formiranju kompozicije.

Mehanizam usklađivanja vrednosti naknada, koji zahteva primenu faktora rasta ili periodičnu reviziju, zastupljen je u većini sistema. Podsticaj za ETCS primenjuje samo Slovenija, a podsticaj za smanjenje buke nijedan sistem. Odsustvo podsticaja ne predstavlja odstupanje od regulatornog okvira jer Direktiva 2012/34/EU predviđa mogućnost, ne

obavezu njihovog uvođenja. Uređeni mehanizmi obezbeđuju da jedinične cene prate promene troškova infrastrukture, ali zahtevaju pouzdane pokazatelje tih promena. Sistemi bez takvog mehanizma zadržavaju nepromenjene vrednosti naknada, ali uz rizik da se razlika između naknade i troškova vremenom uveća.

Komparativna analiza zasnovana je na podacima iz Izjava o mreži za redove vožnje 2022, 2023. i 2024. godine. Izjave o mreži predstavljaju pouzdan i uporediv izvor u pogledu formula, vrednosti parametara i jediničnih cena, ali ne sadrže podatke o ukupnim troškovima menadžera infrastrukture niti o načinu raspodele troškova na pojedine komponente. Raščlanjivanje komponente korišćenja infrastrukture na kapacitet i habanje kod multiplikativnih struktura zasnovano je na pretpostavci da koeficijent mase jednak 1 odgovara ravnomernom učešću obe podkomponente, što omogućava uporednu analizu ali ne daje tačne vrednosti. Referentni vozovi (teretni voz od 1000 tona na 220 km, putnički voz od 300 tona na 50 km) korišćeni su za poređenje struktura, ne za procenu stvarnih iznosa naknada, pa rezultate treba tumačiti kao odnose između komponenti, ne kao stvarne novčane iznose.

Na osnovu izvršene analize i prethodno izloženog moguće je definisati sledeće smernice za oblikovanje modela strukture naknade:

1. Merna osnova obračuna treba da razdvaja vozne kilometre i bruto-tonske kilometre. Vozni kilometar odgovara komponenti kapaciteta i meri korišćenje infrastrukture bez obzira na masu voza. Bruto-tonski kilometar odgovara komponenti habanja i vezuje naknadu za mehaničko dejstvo voza na infrastrukturu. Razdvajanje je potrebno jer sistemi koji objedinjuju obe dimenzije u jednu jediničnu cenu ostvaruju nižu preglednost formule.
2. Masa voza treba da se uključuje kao stvarna vrednost u proračun naknade. Linearni obračun mase uklanja stepenaste promene karakteristične za razredni pristup i obezbeđuje proporcionalnost između promene opterećenja i promene naknade. Gde administrativne mogućnosti ne omogućavaju rad sa stvarnim vrednostima mase za svaku vožnju, razredi koeficijenata moraju biti definisani sa dovoljno uskim pragovima da stepenaste promene naknade ne budu nesrazmerne.
3. Razdvajanje komponente kapaciteta i komponente habanja unutar komponente korišćenja infrastrukture treba da bude sastavni deo strukture naknade. Raspon odnosa $r = K_{hab} / K_{kap}$ među analiziranim sistemima pokazuje da je ovaj odnos

strateško opredeljenje menadžera infrastrukture koje mora proizilaziti iz strukture direktnih troškova i karakteristika mreže, ne iz nasleđene prakse.

4. Putnički i teretni saobraćaj zahtevaju različite parametre unutar strukture naknade. Razlike u masi kompozicija, režimu finansiranja i ulozi cenovnih signala onemogućavaju primenu istih parametara za oba segmenta bez prikrivenog prenosa troškova između njih. Razlikovanje se može ostvariti tabelarnim razvrstavanjem jediničnih cena ili koeficijentom vrste voza, zavisno od strukture formule i mogućnosti sprovođenja.
5. Aditivna struktura naknade omogućava povoljniji odnos između preglednosti i diferencijacije u uslovima malih železničkih sistema u poređenju sa multiplikativnim strukturama. Broj komponenti treba da odražava stvarnu mogućnost razdvajanja troškova prema uslugama minimalnog paketa, pri čemu najmanja struktura obuhvata komponentu kapaciteta i komponentu habanja, a proširena struktura može uključiti komponentu električne energije i komponentu administrativnih troškova gde za to postoje uslovi.
6. Svaki parametar u strukturi naknade mora biti određen uz javno dostupnu vrednost i obrazloženje. Pregledna veza između parametra i troškovne osnove smanjuje rizik diskrecionih odluka i olakšava regulatornu kontrolu.
7. Mehanizam usklađivanja vrednosti naknada treba da bude uređen putem automatskog usklađivanja ili periodične revizije prema utvrđenom postupku. U praksi postoje dva pristupa: ugrađivanje faktora rasta u samu formulu i periodična revizija troškova. Oba pristupa obezbeđuju prilagođavanje jediničnih cena promenama troškova uz očuvanje predvidivosti.
8. Elemente podsticaja (ETCS, smanjenje buke) ne treba uključivati u početnu strukturu modela za male sisteme. Njihovo uvođenje treba usloviti postojanjem merne opreme i postupaka provere, jer nijedan analizirani sistem ne primenjuje podsticaj za smanjenje buke, a samo jedan primenjuje podsticaj za ETCS.

Utvrđene pravilnosti i smernice čine polazište za oblikovanje modela strukture naknade.

6. OPŠTI MODEL STRUKTURE NAKNADE ZA MALE ŽELEZNIČKE SISTEME

Model definiše način raspodele ukupnih direktnih troškova na elemente formule za proračun naknade, pri čemu postupak utvrđivanja visine tih troškova, uređen Uredbom 2015/909/EU, prethodi primeni modela i sprovodi se zasebno. Struktura algoritma i formule nezavisna je od konkretnog sistema. Nacionalne specifičnosti odražavaju se isključivo kroz vrednosti ulaznih podataka i parametara.

6.1. Osnova modela

Regulatorni okvir Evropske unije razdvaja postupak utvrđivanja visine direktnih troškova od postupka definisanja strukture naknade. Utvrđivanje direktnih troškova propisano je Uredbom Komisije 2015/909, a principi formiranja naknade Direktivom 2012/34/EU. Oblikovanje strukture naknade Direktiva ne propisuje i ono ostaje u domenu menadžera infrastrukture. Ista ukupna suma direktnih troškova može biti raspoređena na različite načine u zavisnosti od broja, tipa i međusobnog odnosa elemenata zastupljenih u formuli za proračun naknade. Struktura naknade i struktura direktnog troška stoga nisu sinonimi. Činioci direktnog troška nisu nužno činioci strukture naknade.

Menadžer infrastrukture raspolaže ukupnom sumom direktnih troškova za plansku godinu i tu sumu raspoređuje na komponente formule tako da struktura naknade odražava troškove koje kategorije vozova stvaraju na delovima mreže. Način raspodele zavisi od toga kako menadžer infrastrukture vodi troškove, od broja tržišnih segmenata, od kategorizacije mreže i od intenziteta korišćenja infrastrukture na pojedinim deonicama. Izbor elemenata zastupljenih u strukturi i njihov međusobni odnos treba da budu usklađeni sa regulatornim zahtevima u pogledu transparentnosti, proporcionalnosti i nediskriminacije.

Model se zasniva na četiri principa koji iz regulatornih zahteva i smernica komparativne analize izvode zahteve prema algoritmu i formuli. Svaki princip određuje izbor elementa formule ili način raspodele troškova.

Razdvajanje komponenti. Svaka komponenta naknade ima zasebnu mernu osnovu i zasebnu jediničnu cenu u formuli. Vozni kilometar je merna osnovu komponente kapaciteta, bruto-tonski kilometar komponente habanja, a vozni kilometar na elektrifikovanoj deonici

komponente napajanja za vuču. Time svaka komponenta ima vlastitu troškovnu osnovu koja se nezavisno proverava.

Dinamičnost. Promena obima saobraćaja ili mase voza menja iznos naknade proporcionalno, unutar nepromenjene strukture formule. Koeficijenti korekcije usklađuju se periodično bez promene algoritma, čime algoritam ostaje nepromenjen između regulatornih perioda. Za male sisteme sa ograničenim kadrovskim mogućnostima ta stabilnost predstavlja preduslov za primenu jer uklanja potrebu za čestim revizijama strukture naknada.

Transparentnost. Svaki parametar u formuli objavljuje se uz vrednost i troškovnu osnovu u Izjavi o mreži, u skladu sa članom 29 Direktive 2012/34/EU, čime se omogućava regulatorna kontrola i predvidivost naknade za železničke prevoznike.

Proporcionalnost. Raspodela troškova na komponente formule vrši se prema parametrima koji odražavaju uzročnike tih troškova, u skladu sa načelom direktnog troška iz člana 31(3) Direktive 2012/34/EU i mogućnošću prilagođavanja prema parametrima saobraćaja i infrastrukture predviđenom Uredbom 2015/909.

Principi modela proizlaze iz smernica formulisanih komparativnom analizom. Zahtevi za razdvajanjem mernih osnova, uključivanjem stvarne mase voza i razdvajanjem komponente kapaciteta od komponente habanja objedinjeni su u principu razdvajanja komponenti. Razlikovanje putničkog i teretnog saobraćaja realizovano je kroz princip proporcionalnosti i koeficijent zauzeća kapaciteta. Javna dostupnost svakog parametra sa obrazloženjem troškovne osnove prenesena je u princip transparentnosti, a zahtev za ugrađenim mehanizmom usklađivanja vrednosti naknada u princip dinamičnosti. Izbor aditivne strukture neposredno određuje tip formule, dok isključivanje elemenata podsticaja iz početne strukture definiše granice primene modela.

Pored osnovnih principa, model mora zadovoljiti dva dopunska zahteva koji proizlaze iz specifičnosti malih sistema. Diferencirani kvalitet mreže zahteva da korisnik pruge sa višim tehničkim karakteristikama plaća naknadu koja odražava razlike u troškovima obezbeđivanja tog kvaliteta. Modularnost baze podataka podrazumeva da se ulazni podaci o mreži, saobraćaju i troškovima ažuriraju nezavisno od strukture formule, čime model ostaje primenljiv i posle promena u računovodstvenim evidencijama ili kategorizaciji pruga.

Svrha modela jeste da menadžeru infrastrukture obezbedi raspodelu ukupnih direktnih troškova prema stvarnom korišćenju infrastrukture, tako da svaka kategorija vozova na

svakom delu mreže snosi troškove koje stvara. Grupisanje direktnih troškova po prugama i vrstama saobraćaja stvara osnovu za utvrđivanje uzročnika trošenja i praćenje utroška sredstava. Model je zamišljen kao opšti pristup primenljiv na male železničke sisteme sa različitim institucionalnim uslovima, tehničkim karakteristikama mreže i obimom saobraćaja. Razlike između sistema izražavaju se kroz vrednosti parametara, ne kroz promenu strukture formule.

Modelom se raspoređuju samo troškovi koji ispunjavaju uslove iz člana 31(3) Direktive 2012/34/EU. Parametri formule moraju odražavati troškove koje kategorije vozova stvaraju na delovima mreže, a postupak obračuna, jedinične cene i vrednosti parametara moraju biti javno dostupni u Izjavi o mreži. Primena jedinstvene formule sa parametrima koji se razlikuju prema objektivnim i proverljivim kriterijumima obezbeđuje nediskriminatorski pristup mreži. Raspodela direktnih troškova po tržišnim segmentima i po prugama mora omogućiti precizno pripisivanje troškova nosiocima. Tamo gde određeni trošak nije u celini direktni trošak minimalnog paketa usluga, model predviđa aproksimaciju zasnovanu na strukturi konta i poznatim proporcijama iz računovodstvenih evidencija. Jednostavnost održavanja prilagođena je kadrovskim mogućnostima malih sistema jer ograničen broj zaposlenih i nedovoljna stručnost za složene ekonometrijske pristupe predstavljaju zajedničko obeležje ove grupe sistema.

Model polazi od sledećih pretpostavki:

1. Ukupni direktni troškovi za plansku godinu poznati su i utvrđeni u skladu sa Uredbom 2015/909/EU.
2. Klasifikacija pruga prema značaju i funkciji utvrđena je i objavljena u Izjavi o mreži.
3. Obim saobraćaja po prugama i vrstama prevoza (vozni kilometri i bruto-tonski kilometri) poznat je za plansku godinu na osnovu podataka iz projektovanog reda vožnje ili ostvarenog obima u referentnom periodu.
4. Računovodstveni podaci menadžera infrastrukture omogućavaju utvrđivanje direktnih troškova po centrima troška koji odgovaraju komponentama modela.
5. Koeficijenti korekcije definisani su na osnovu podataka iz reprezentativne godine i primenjuju se do naredne revizije.
6. Naknada za MPU ne može biti viša od ukupnih direktnih troškova utvrđenih za plansku godinu.

Vrednosti koeficijenta korekcije i način njihovog određivanja zavise od raspoloživih podataka u konkretnom sistemu, što je u skladu sa hipotezom H3.

Model obuhvata naknadu za MPU. Marža (mark up) za pokriće ukupnih troškova, naknade za pristup službenim objektima, naknada za zagušenje kapaciteta i naknade za uticaj na životnu sredinu nisu predmet ovog modela i predstavljaju zasebne elemente sistema naknada koji se, prema potrebi, dodaju na naknadu za MPU.

Grupisanje troškova u četiri centra omogućava razlikovanje prema uzročnicima (eksploatacija, signalizacija, habanje, napajanje) bez zahteva za detaljnom analitikom po stavkama troškova, koja u sistemima ove veličine po pravilu nije raspoloživa.

6.2. Izbor tipa formule

Na osnovu komparativne analize usvojena je aditivna struktura naknade. Od četiri razmatrana tipa formule (jednostavni, jednostavni prošireni, multiplikativni i aditivni), jednostavni i jednostavni prošireni ne razdvajaju merne osnove, pa se komponenta habanja ne može odvojiti od komponente kapaciteta. Multiplikativni tip uvodi međuzavisnost koeficijenta koja onemogućava nezavisnu proveru pojedinih komponenti, što je potvrđeno najnižim vrednostima indeksa preglednosti formule u komparativnoj analizi. Aditivni tip jedini omogućava da svaka komponenta naknade ima zasebnu mernu osnovu, zasebnu jediničnu cenu i zasebnu troškovnu osnovu bez međusobnog uticaja između komponenti, čime istovremeno ispunjava sve četiri principa.

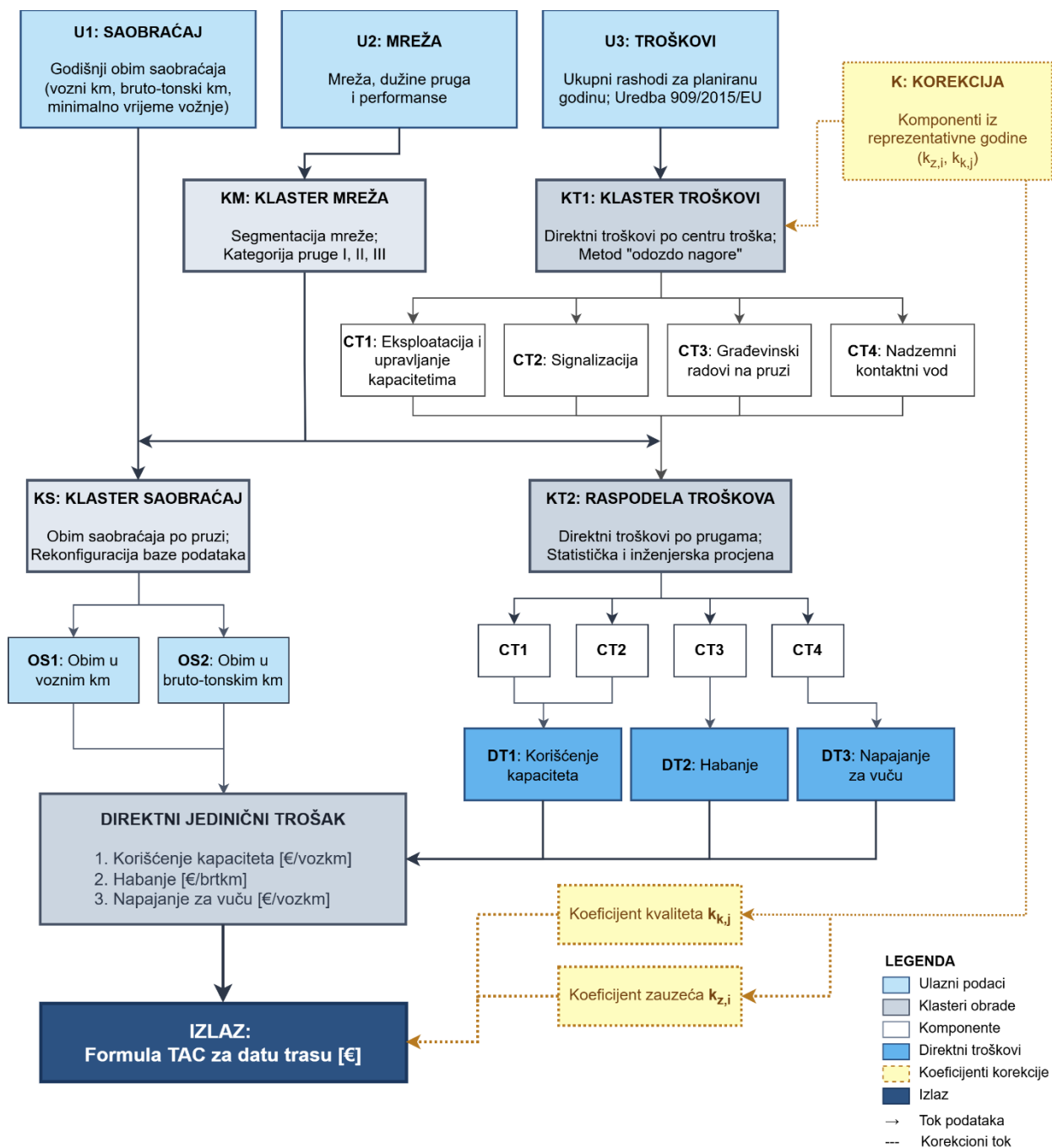
Izbor aditivne forme ujedno odražava strateško opredeljenje menadžera infrastrukture da komponentu uticaja mase vozova izdvoji kao zasebnu stavku u strukturi naknade, čime se obezbeđuje upravljanje troškovima i jasnoća cenovnih signala prema prevozniciima.

6.3. Algoritam i matematička formulacija modela

Opšti algoritam modela u vidu blok-dijagrama koji opisuje pretvaranje ulaznih podataka u jedinične cene i konačnu naknadu za dodeljenu trasu voza prikazan je na slici 6.1.

Algoritam povezuje tri grupe ulaznih podataka sa četiri klastera obrade, pri čemu svaki klaster koristi izlaze prethodnog. Pretvaranje se odvija u dva koraka: prvi obuhvata segmentaciju mreže i utvrđivanje direktnih troškova, drugi raspodelu troškova po prugama i izračunavanje jediničnih cena za tri komponente naknade. Koeficijenti korekcije utvrđeni iz podataka reprezentativne godine ulaze u algoritam tek na nivou konačne formule, čime se

razdvaja proračun baznih jediničnih cena od diferencijacije prema vrsti saobraćaja i karakteristikama mreže (kategorijama pruga i statusu elektrifikacije izraženim u voznim kilometrima), dok struktura algoritma i redosled obrade ostaju nepromenjeni.



Slika 6.1. Opšti algoritam modela strukture naknade za MPU

6.3.1. Ulazni podaci i klasteri obrade

Prva grupa ulaznih podataka (U1 SAOBRAĆAJ) obuhvata godišnje vozne kilometre po pruzi i vrsti saobraćaja, godišnje bruto-tonske kilometre po pruzi i vrsti saobraćaja, i minimalna tehnička vremena vožnje po deonicama mreže utvrđena iz reda vožnje. Vozni kilometri su

ključ raspodele za troškove eksploatacije i signalizacije, bruto-tonski kilometri za troškove habanja, a minimalna vremena vožnje služe za proračun koeficijenta zauzeća kapaciteta. Izvor podataka jeste baza saobraćaja menadžera infrastrukture, raščlanjena po prugama i vrstama saobraćaja. Tamo gde bruto-tonski kilometri nisu sistematski evidentirani, aproksimiraju se na osnovu podataka o broju vozova i prosečnoj masi po kategoriji saobraćaja.

Druga grupa ulaznih podataka (U2 MREŽA) obuhvata dužine pruga po kategorijama, tehničke karakteristike pruga (dopušteno osovinsko opterećenje, maksimalna brzina, kapacitet) i status elektrifikacije pojedinih deonica. Izvor je Izjava o mreži.

Treća grupa ulaznih podataka (U3 TROŠKOVI) obuhvata ukupne rashode menadžera infrastrukture za planiranu godinu utvrđene kao direktne troškove u skladu sa Uredbom 2015/909/EU. Izvor je računovodstveni sistem menadžera infrastrukture. Kvalitet raspodele troškova zavisi od stepena razvijenosti tog sistema, što u uslovima malih sistema predstavlja ograničenje koje se nadoknađuje kombinacijom ekonometrijskog i inženjerskog pristupa. Ekonometrijski pristup sam po sebi ne obezbeđuje dovoljno raščlanjene podatke tamo gde računovodstveni sistem nije organizovan prema nosiocima troška, pa inženjerska procena popunjava prazninu na osnovu normativa rada i tehničkih karakteristika infrastrukture.

Korektivni elementi (koeficijent zauzeća kapaciteta $k_{z,i}$ i koeficijent kvaliteta pruge $k_{k,j}$) utvrđuju se iz podataka reprezentativne godine i ulaze u algoritam na nivou konačne formule.

Klaster segmentacije mreže (KM) vrši segmentaciju mreže prema kategorijama pruga iz Izjave o mreži. Voz čija trasa prolazi kroz deonice različitih kategorija ima različite jedinične cene za svaku deonicu. Oznaka j označava kategoriju pruge, a u malim mrežama tipičan raspon je od dve do četiri kategorije. U sistemima sa jednom kategorijom pruge koeficijent kvaliteta poprima vrednost 1 za celu mrežu i raspodela troškova komponente kapaciteta postaje uniformna po prugama.

Klaster grupisanja troškova (KT1) grupiše troškovne stavke iz računovodstvenog sistema prema četiri centra troška i procenjuje učešće direktnih troškova u ukupnim troškovima za svaku stavku. Definisana su četiri centra troška:

- CT1 (eksploatacija i upravljanje kapacitetima): troškovi upravljanja saobraćajem, dodele trasa, izrade reda vožnje i operativnog vođenja saobraćaja.

- CT2 (signalizacija): troškovi održavanja i obnove signalno-sigurnosnih uređaja, uređaja za regulisanje saobraćaja i telekomunikacionih sistema.
- CT3 (građevinski radovi na pruzi): troškovi održavanja i obnove gornjeg i donjeg stroja pruge, objekata na pruzi i pružnog pojasa.
- CT4 (nadzemni kontakti vod): troškovi održavanja i obnove električne vučne mreže na elektrifikovanim deonicama.

Centri CT1 i CT2 objedinjuju se u komponentu korišćenja kapaciteta (DT1), centar CT3 čini komponentu habanja infrastrukture (DT2), a centar CT4 komponentu napajanja za vuču (DT3). Objedinjavanje centara CT1 i CT2 zasniva se na zajedničkoj mernoj osnovi (vozni kilometri) i na činjenici da računovodstveni sistemi malih menadžera infrastrukture po pravilu ne razdvajaju troškove eksploatacije i signalizacije na nivou potrebnom za zasebne komponente u formuli.

Klaster obima saobraćaja (KS) reorganizuje podatke o obimu saobraćaja u dve matrice po kategorijama pruga i vrstama saobraćaja: OS1 (vozni kilometri) i OS2 (bruto-tonski kilometri), koje čine ključeve raspodele direktnih troškova.

Klaster raspodele troškova (KT2) raspoređuje troškove iz centara troška na kategorije pruga. Troškovi centara CT1 i CT2 raspoređuju se proporcionalno voznim kilometrima jer nastaju proporcionalno broju vozova bez obzira na masu. Troškovi centra CT3 raspoređuju se proporcionalno bruto-tonskim kilometrima jer habanje i oštećenje elemenata infrastrukture zavisi od fizičkog opterećenja koje masa voza prenosi na gornji i donji stroj pruge. Za centar CT4 ključ raspodele čine vozni kilometri na elektrifikovanim deonicama.

Tabela 6.1. Nomenklatura simbola u formuli naknade za MPU

| Simbol | Opis | Jedinica |
|---------------|--|----------|
| i | vrsta saobraćaja (putnički, teretni) | — |
| j | kategorija pruge | — |
| $j_{(el)}$ | podskup elektrifikovanih kategorija pruga | — |
| L_j | dužina deonice kategorije pruge j na trasi voza | km |
| Q_i | bruto masa voza vrste saobraćaja i | t |
| $vkm_{i,j}$ | godišnji vozni kilometri vrste saobraćaja i na kategoriji pruge j | vkm |
| $brtkm_{i,j}$ | godišnji bruto-tonski kilometri vrste saobraćaja i na kategoriji pruge j | brtkm |

| | | |
|---------------|--|---------|
| $t_{min,i}$ | prosečno minimalno vreme vožnje za vrstu saobraćaja i | min |
| $t_{min,ref}$ | prosečno minimalno vreme vožnje referentne vrste saobraćaja (putnički) | min |
| $DT_{kap,j}$ | direktni troškovi korišćenja kapaciteta raspodeljeni na kategoriju pruge j (objedinjeni troškovi centara CT1 i CT2) | € |
| $DT_{hab,j}$ | direktni troškovi habanja infrastrukture raspodeljeni na kategoriju pruge j (troškovi centra CT3) | € |
| DT_{nap} | ukupni direktni troškovi korišćenja opreme za napajanje za vuču (troškovi centra CT4 za sve elektrifikovane deonice) | € |
| $k_{z,i}$ | koeficijent zauzeća kapaciteta za vrstu saobraćaja i ($k_{z,ref} = 1$ za putnički saobraćaj) | — |
| $k_{k,j}$ | koeficijent kvaliteta pruge za kategoriju j ($k_{k,ref} = 1$ za kategoriju sa najboljim tehničkim karakteristikama) | — |
| $c_{kap,j}$ | jedinična cena korišćenja kapaciteta za kategoriju pruge j | €/vkm |
| $c_{hab,j}$ | jedinična cena habanja infrastrukture za kategoriju pruge j | €/brtkm |
| c_{nap} | jedinična cena korišćenja opreme za napajanje za vuču (jedinствена za mrežu) | €/vkm |
| TAC_{kap} | komponenta naknade za korišćenje kapaciteta (prvi sabirak formule 6.4) | € |
| TAC_{hab} | komponenta naknade za habanje (drugi sabirak formule 6.4) | € |
| TAC_{nap} | komponenta naknade za korišćenje opreme za napajanje za vuču (treći sabirak formule 6.4) | € |
| TAC | naknada za minimalni paket usluga | € |

6.3.2. Jedinične cene komponenti naknade

Jedinične cene komponenti naknade predstavljaju prosečne direktne troškove po jedinici korišćenja infrastrukture. Prosečna cena nastaje deljenjem ukupnog direktnog troška komponente obimom korišćenja na datoj kategoriji pruge. Takav pristup razlikuje se od marginalnog, koji zahteva ekonometrijsku procenu elastičnosti troškova u odnosu na obim saobraćaja i podatke koje mali sistemi po pravilu nemaju. Prosečna cena po konstrukciji obezbeđuje pokriće ukupnih direktnih troškova jer su brojilac (ukupni trošak) i imenilac (ukupni obim) bilansno usklađeni. Cene korišćenja kapaciteta i habanja infrastrukture razlikuju se po kategorijama pruga jer klaster raspodele troškova dodeljuje različite iznose pojedinim kategorijama srazmerno obimu saobraćaja. Jedinične cene su iste za sve prevoznike na istoj kategoriji pruge, a diferencijacija prema vrsti saobraćaja realizuje se

koeficijentima korekcije u formuli, čime se razdvaja bazna cena kao troškovni parametar od korekcije kao parametra ponašanja na mreži.

$$c_{kap,j} = \frac{DT_{kap,j}}{\sum_i vkm_{i,j}} \quad [€/vkm] \quad (6.1)$$

$$c_{hab,j} = \frac{DT_{hab,j}}{\sum_i brtkm_{i,j}} \quad [€/brtkm] \quad (6.2)$$

$$c_{nap} = \frac{DT_{nap}}{\sum_i \sum_{j(el)} vkm_{i,j}} \quad [€/vkm] \quad (6.3)$$

Pristup podrazumeva linearnu zavisnost između mase voza i habanja, koja predstavlja uobičajenu aproksimaciju u evropskoj praksi. Inženjerska istraživanja utvrđuju nelinearnu zavisnost habanja od osovinskog opterećenja, ali se linearni pristup primenjuje zbog jednostavnosti obračuna i ograničene raspoloživosti podataka o osovinskim opterećenjima po vožnji. Razlika između linearnog i nelinearnog proračuna smanjuje se sa sužavanjem raspona masa vozova, koji je u malim sistemima tipično uži nego u velikim mrežama sa raznovrsnijim sastavom saobraćaja. Cena napajanja za vuču jedinstvena je za celu mrežu jer troškovi nadzemnog kontaktnog voda ne zavise od kategorije pruge. Mali broj elektrifikovanih deonica u tipičnim malim sistemima dodatno potvrđuje opravdanost jedinstvene cene jer raspoloživi uzorak ne bi bio dovoljan za pouzdano utvrđivanje zasebnih jediničnih cena.

6.3.3. Formula naknade za minimalni paket usluga

Naknada za MPU sastoji se od tri komponente: komponente korišćenja kapaciteta, komponente habanja infrastrukture i komponente korišćenja opreme za napajanje za vuču. Treća komponenta obračunava se samo za elektrifikovane deonice trase.

$$TAC = \sum_j k_{z,i} \cdot k_{k,j} \cdot L_j \cdot c_{kap,j} + \sum_j L_j \cdot Q_i \cdot c_{hab,j} + \sum_{j(el)} L_j \cdot c_{nap} \quad [€] \quad (6.4)$$

$$TAC = TAC_{kap} + TAC_{hab} + TAC_{nap} \quad [€] \quad (6.4a)$$

Formula (6.4) sadrži tri sabirka koji odgovaraju trima komponentama korišćenja infrastrukture: zauzeću kapaciteta (TAC_{kap}), habanju infrastrukture usled mase vozova (TAC_{hab}) i korišćenju opreme za napajanje za vuču (TAC_{nap}). Prvi sabirak diferencira naknadu za korišćenje kapaciteta prema vrsti saobraćaja i kategoriji pruge kroz koeficijente

$k_{z,i}$ i $k_{k,j}$. Drugi sabirak diferencira naknadu za habanje prema masi voza i kategoriji pruge, bez primene koeficijenata korekcije, jer masa voza neposredno odražava intenzitet fizičkog opterećenja. Selektivno uvođenje koeficijenata $k_{z,i}$ i $k_{k,j}$ samo uz komponentu kapaciteta proizlazi iz raspodele troškovnih kategorija. Koeficijent kvaliteta pruge cenovni je multiplikator za troškovne razlike među kategorijama pruga, pri čemu se deo tih razlika odnosi na održavanje gornjeg i donjeg stroja, a deo na svojstva izvan habanja, među njima kapacitet, signalizaciju i geometriju pruge. Koeficijent zauzeća pripada kapacitetskoj troškovnoj kategoriji i odražava vremensko zauzeće infrastrukture u zavisnosti od brzina i karakteristika vozova. Pošto oba koeficijenta primarno pokrivaju troškovne kategorije izvan komponente habanja, njihovo zadržavanje uz tu komponentu proizvelo bi dvostruko tarifiranje istog troška. Prostorna diferencijacija troškova habanja ostvaruje se kroz indeks j u jediničnoj ceni $c_{hab,j}$, koja se može razlikovati po kategorijama pruga proporcionalno razlikama u troškovima održavanja gornjeg stroja. Treći sabirak obuhvata komponentu napajanja za vuču isključivo za elektrificirane deonice trase. Diferencijacija prema vrsti saobraćaja izostaje, što odražava metodološko opredeljenje karakteristično za male sisteme kod kojih merenje stvarne potrošnje energije na nivou voza nije sprovedeno u operativnoj praksi.

Svaka komponenta formule odgovara zasebnoj grupi troškova u računovodstvenom sistemu menadžera infrastrukture, čime se obezbeđuje veza između naplate i upravljanja troškovima. Regulatorno telo može da proveriti svaku komponentu zasebno, utvrđujući uskladišenost jediničnih cena sa direktnim troškovima i ispravnost raspodele prema Uredbi 2015/909/EU. Modularnost formule omogućava postepenu primenu, počevši od komponenti za koje su raspoloživi podaci.

Primena koeficijenata korekcije na bazne jedinične cene redistribuirá teret naknade između kategorija vozova i kategorija pruga, čime se ukupan prihod od komponente kapaciteta može razlikovati od ukupnih direktnih troškova te komponente. Usklađivanje se postiže kalibracijom jediničnih cena nakon primene koeficijenata, tako da ukupan iznos naplaćenih naknada ne prelazi ukupne direktne troškove utvrđene za plansku godinu. Time se ispunjava ograničenje iz pretpostavke (6) modela, a koeficijenti zadržavaju funkciju diferencijacije bez narušavanja prihodne ravnoteže.

6.3.4. Koeficijenti korekcije

Koeficijent zauzeća kapaciteta ($k_{z,i}$) diferencira naknadu prema vrsti saobraćaja na osnovu razlika u vremenskom zauzeću kapaciteta deonice. Teretni vozovi tipično zauzimaju kapacitet deonice duže od putničkih usled razlika u brzini, masi i dužini voza.

Koeficijent se izračunava iz podataka reprezentativne godine kao:

$$k_{z,i} = \frac{t_{min,i}}{t_{min,ref}} \quad (6.5)$$

gde je $t_{min,i}$ prosečno minimalno vreme vožnje za vrstu saobraćaja i , a $t_{min,ref}$ prosečno minimalno vreme vožnje referentne vrste saobraćaja (putnički, $k_{z,ref} = 1$). Za teretni saobraćaj koeficijent ima vrednost veću od 1, proporcionalno dužem vremenu zauzeća kapaciteta.

Vrednosti koeficijenta utvrđuju se godišnje na osnovu planiranih redova vožnje i po potrebi se revidiraju.

Koeficijent kvaliteta pruge ($k_{k,j}$) diferencira naknadu prema karakteristikama kategorije pruge i odražava razlike u nivou usluge koji pruža infrastruktura na različitim kategorijama. Vrednosti se utvrđuju na osnovu kombinacije tehničkih (dopuštena brzina, osovinsko opterećenje, profil pruge), ekonomskih (obim saobraćaja, prihod od naknade) i saobraćajnih (namena pruge, značaj u mreži) pokazatelja za reprezentativnu godinu. Kao referentna uzima se kategorija sa najboljim tehničkim karakteristikama ($k_{k,ref} = 1$), a vrednosti za ostale kategorije utvrđuju se kao proporcionalni odnos posmatranih pokazatelja prema referentnoj kategoriji. Izbor pokazatelja i način njihovog kombinovanja uslovljeni su raspoloživošću podataka kod konkretnog menadžera infrastrukture. Vrednosti se u praksi utvrđuju ekspertskom procenom uz dokumentovanje primenjenih kriterijuma i njihovih vrednosti u Izjavi o mreži, čime se obezbeđuje proverljivost postupka.

Promena vrednosti koeficijenata ne zahteva promenu algoritma niti formule, već samo ažuriranje brojevnih vrednosti. Ažuriranje se sprovodi indeksacijom (korekcija za inflaciju ili promenu obima saobraćaja) ili potpunom revizijom na osnovu podataka nove reprezentativne godine.

7. PRIMENA I POTVRDA MODELA NA ŽELEZNICAMA REPUBLIKE SRPSKE

7.1. Železnice Republike Srpske kao studija slučaja

Predloženi model strukture naknada zahteva potvrdu na stvarnim podacima konkretnog železničkog sistema. Simulacijom se može proveriti računska strana modela, ali ne i delovanje institucionalnih i organizacionih ograničenja i raspoloživosti podataka koja oblikuju njegovu primenu. Potvrda modela stoga zahteva studiju slučaja. Sistem na kome se model primenjuje treba pripadati grupi malih železničkih sistema i raspolagati podacima o direktnim troškovima infrastrukture raščlanjenim po centrima troška.

Za studiju slučaja izabrane su Železnice Republike Srpske (ŽRS) a.d. Doboj. Bosna i Hercegovina je država sastavljena od dva entiteta (Republika Srpska i Federacija Bosne i Hercegovine) i Distrikta Brčko, pri čemu je železnički saobraćaj u nadležnosti entiteta. ŽRS su jedino železničko preduzeće na teritoriji Republike Srpske, sa mrežom ukupne dužine 426 km (od čega 353 km u funkcionalnoj upotrebi). Mreža je fizički povezana sa mrežom Željeznica Federacije Bosne i Hercegovine, ali organizaciono funkcioniše kao zaseban sistem. Mreža je pretežno jednokolosečna (94%), elektrifikovana naizmeničnom strujom napona 25 kV na 88% aktivne dužine, sa dopuštenim osovinskim opterećenjem od 22,5 tona (kategorija D4 prema UIC). Putnički saobraćaj u režimu obaveze javnog prevoza i teretni saobraćaj čine dva aktivna segmenta tržišta.

ŽRS su organizovane kao vertikalno integrisano preduzeće sa tri organizaciona dela (Poslovi infrastrukture, Poslovi operacija i Zajednički poslovi) i odvojenim računovodstvenim politikama po sektorima¹². Železnička infrastruktura upisana je kao javno dobro u svojini Republike Srpske i predata ŽRS na upravljanje bez naknade¹³. Pravni okvir za funkcionisanje železničkog sistema definisan je Zakonom o željeznicama Republike Srpske¹⁴. Tržište železničkih usluga u vreme pisanja rada nije otvoreno za druge železničke prevoznike¹⁵.

¹² Zaključak Vlade RS od 22. novembra 2024, br. 04/1-012-2-3485/24.

¹³ Odluka Vlade RS od 28. novembra 2024. (Službeni glasnik RS, br. 108/24), formalizovana ugovorom zaključenim u januaru 2025. na period od petnaest godina.

¹⁴ Službeni glasnik RS, br. 19/17, 28/17, 100/17 i 56/22.

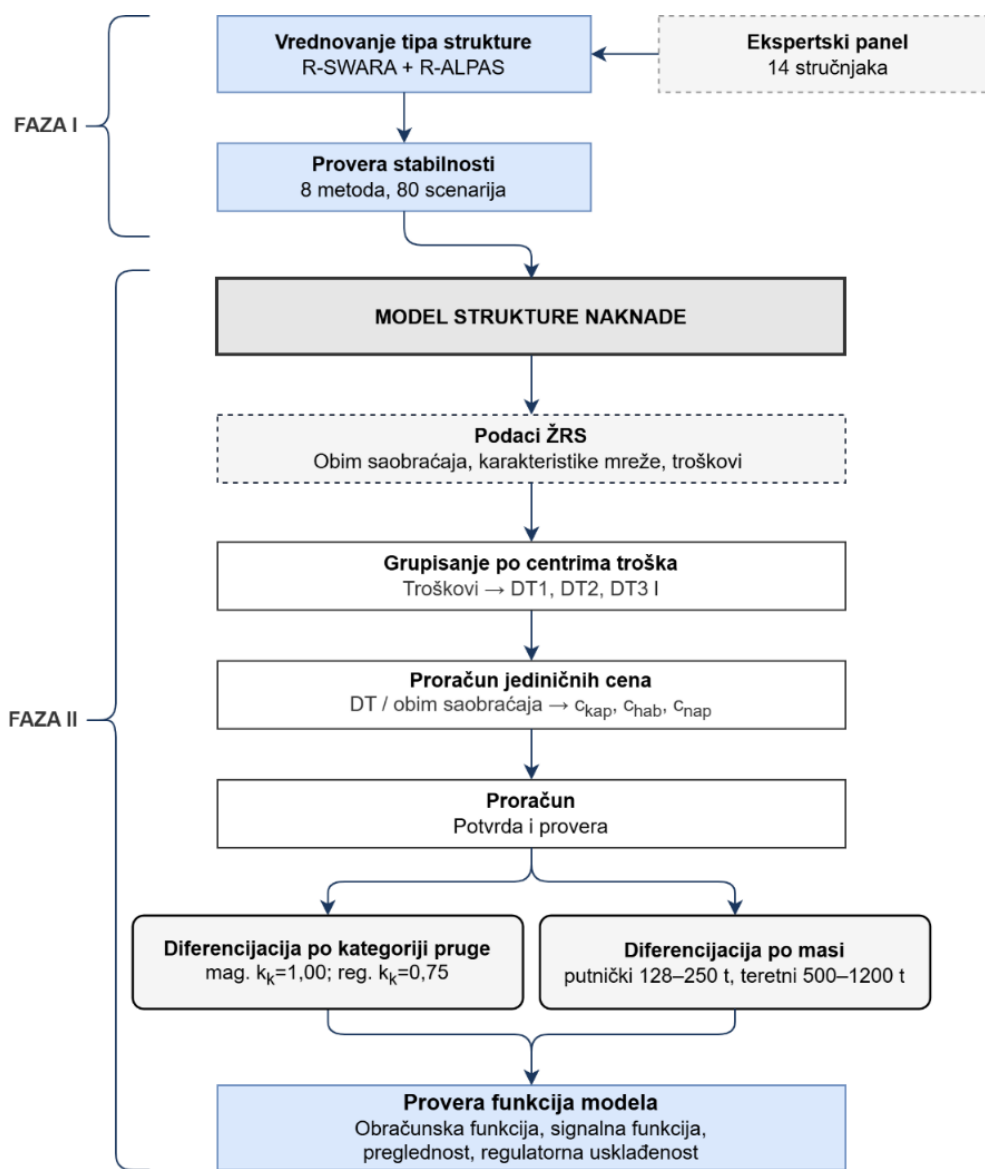
¹⁵ Ugovor o korišćenju javne željezničke infrastrukture, br. 22357/2024, član 1(1).

Institucionalni okvir za finansiranje infrastrukture i organizaciju saobraćaja uspostavljen je krajem 2024. godine zaključenjem tri ugovora: višegodišnjeg ugovora o upravljanju i održavanju železničke infrastrukture za period od 2025. do 2029. godine, ugovora o usluzi javnog prevoza putnika za period od 2025. do 2027. godine i intersektorskog ugovora o korišćenju infrastrukture kojim se reguliše odnos između Poslova infrastrukture (u funkciji menadžera infrastrukture) i Poslova operacija (u funkciji železničkog prevoznika)¹⁶. Troškovi pristupa obračunavaju se mesečno na osnovu ostvarenog broja voznih kilometara i bruto mase vozova za svaku trasu, u zavisnosti od vrste voza i vrste vuče.

Kompozitni indeks veličine železničkog sistema klasifikuje Bosnu i Hercegovinu (CRSSI = 0,0619) u grupu malih železničkih sistema. ŽRS, kao preduzeće koje upravlja delom te male nacionalne mreže sa obimom saobraćaja nešto većim od milion voznih kilometara godišnje, neotvorenim tržištem i ograničenim kadrovskim kapacitetima, ispoljava obeležja malih sistema utvrđena komparativnom analizom. Bosna i Hercegovina nije bila deo uzorka za tu analizu jer železnički sistem obuhvata dva entitetska prevoznika čiji se podaci objedinjuju u nacionalne statistike, a nedovoljna ažurnost podataka jednog od njih narušila je pouzdanost zbirne evidencije. Primena modela na nivou entitetskog prevoznika zaobilazi taj problem jer se oslanja na podatke jednog sistema za koji postoji potpuna dokumentacija, a činjenica da ŽRS nisu učestvovala u oblikovanju modela obezbeđuje metodološku nezavisnost potvrde. Formalna kategorizacija pruga po značaju i funkciji nije utvrđena ni objavljena, pa se u proračunu primenjuje jednaka jedinična cena za sve pruge.

Postupak primene i potvrde modela prikazan je na slici 7.1 i sastoji se od dve faze. Prva faza potvrđuje izbor aditivne strukture višekriterijumskim vrednovanjem uz proveru stabilnosti rezultata. Druga faza obuhvata primenu algoritma na podacima ŽRS i proveru funkcija modela kroz proračune sa izmenjenim parametrima.

¹⁶ Višegodišnji ugovor predstavlja instrument predviđen članom 30 Direktive 2012/34/EU. Intersektorski ugovor broj 22357/2024 zaključen je 31. decembra 2024. godine.



Slika 7.1. Postupak primene i potvrde modela strukture naknade

Podatke o direktnim troškovima infrastrukture raščlanjenim po centrima troška obezbeđuje studija MC Mobility Consultants / Deloitte iz 2021. godine. Studija sadrži kalkulaciju direktnih troškova po centrima (operativni troškovi, održavanje pruge i opreme, elektrifikovani sistem) za baznu godinu 2019. sa pripadajućim saobraćajnim podacima za oba segmenta tržišta¹⁷. Studija predstavlja jedini raspoloživi izvor takvih podataka za ŽRS. Uporedivi podaci za druge male železničke sisteme nisu javno dostupni jer su kalkulacije direktnih troškova interni dokumenti menadžera infrastrukture.

¹⁷ Studija je izrađena u okviru Projekta restrukturiranja ŽRS (zajam Svetske banke). Pristup podacima ostvaren je na osnovu poslovno-tehničke saradnje između Saobraćajnog fakulteta Doboja i ŽRS a.d. Doboja.

Tabela 7.1. Obim saobraćaja na mreži ŽRS za 2025. godinu

| Pokazatelj | Putnički | Teretni | Ukupno |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Vozni kilometri (vkm/god) | 617.992 | 555.595 | 1.173.587 |
| Od toga elektro vuča | 453.660 | 465.246 | 918.906 |
| Od toga dizel vuča | 164.332 | 90.259 | 254.591 |
| Bruto-tonski km (brtkm/god) | 79.330.276 | 490.716.825 | 570.047.101 |
| Prosečna bruto masa voza (t) | 128 | 883 | — |
| Broj vozova godišnje | 8.791 | 5.952 | 14.743 |
| Učešće u ukupnim vkm (%) | 52,7 | 47,3 | 100 |
| Učešće u ukupnim brtkm (%) | 13,9 | 86,1 | 100 |

Izvor: Realizacija trasa vozova 2025, ŽRS a.d. Dobož

Obim saobraćaja na mreži ŽRS za 2025. godinu prikazan je u tabeli 7.1. Putnički i teretni saobraćaj učestvuju gotovo ravnomerno u ukupnim voznim kilometrima, ali teretni čini 86,1% ukupnog fizičkog opterećenja infrastrukture izraženog u bruto-tonskim kilometrima. Ukupni direktni troškovi valorizovani na nivo 2025. iznose približno 15.256.000 €, a odobrena subvencija za infrastrukturu pokriva 23,0% utvrđenih potreba¹⁸, čime se potvrđuje budžetsko ograničenje tipično za male sisteme.

7.2. Potvrda izbora tipa strukture naknade

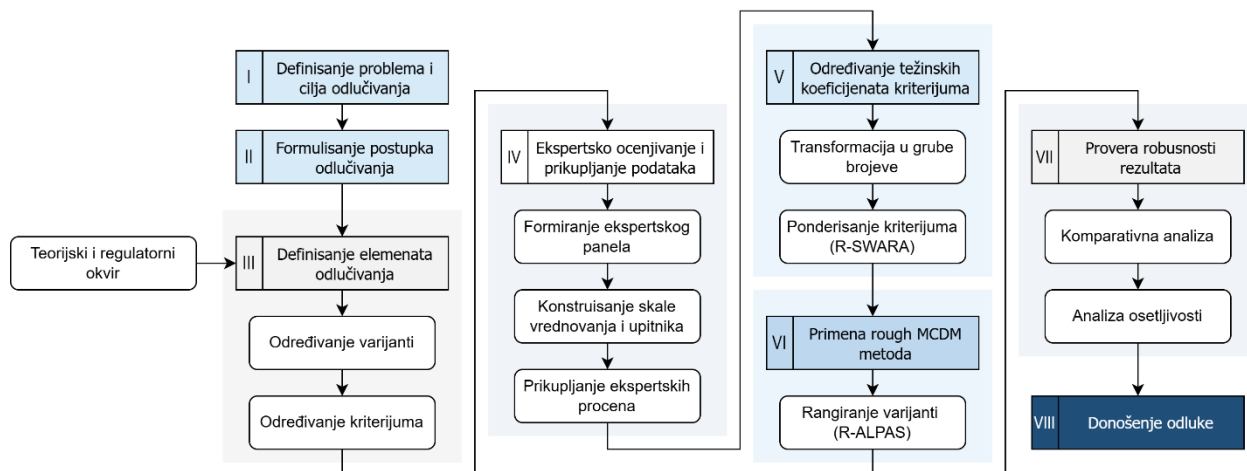
Izbor tipa strukture naknade uključuje istovremeno vrednovanje ekonomskih, regulatornih i praktičnih zahteva koji nisu nužno u istom smeru, pa se izbor formuliše kao problem višekriterijumskog odlučivanja (*Multi-Criteria Decision Making*, MCDM). Sistematsko ekspertske vrednovanje sprovedeno za ŽRS pruža potvrdu izbora aditivne strukture, nezavisnu od komparativne analize i od procene autora.

7.2.1. Metodološki okvir vrednovanja

Razvijen je višekriterijumski postupak čija je struktura prikazana na slici 7.2 (Malčić i dr., 2026b). Postupak se zasniva na teoriji grubih brojeva (*rough numbers*), pristupu koji omogućava agregaciju ekspertske procene bez pretpostavljanja tipa raspodele. Nesigurnost i neslaganje među ekspertima izražavaju se kroz intervale grubih brojeva umesto kroz jednu determinističku vrednost (Erol i dr., 2023; Stević i dr., 2023). U poređenju sa *fuzzy* pristupima koji zahtevaju izbor funkcije pripadnosti, teorija grubih brojeva polazi od

¹⁸ Subvencija od 3.507.462 € (Prilog 4 Ugovora br. 22357/2024).

izvornih podataka dobijenih od eksperata, čime se izbegava uvođenje dodatnih pretpostavki pri objedinjavanju procena.



Slika 7.2. Metodološki okvir postupka višekriterijumskog vrednovanja strukture naknade

Četiri alternative odgovaraju utvrđenim tipovima struktura naknada, i to jednostavna struktura (A1), jednostavna proširena (A2), multiplikativna (A3) i aditivna (A4). Alternative se razlikuju prema stepenu razdvajanja mernih osnova i komponenti u formuli za proračun naknade, od jednostavne strukture sa jednom mernom osnovom do aditivne koja razdvaja naknadu na komponente sa zasebnim mernim osnovama i zasebnim jediničnim cenama.

Za vrednovanje alternativa definisano je osam kriterijuma (tabela 7.2) izvedenih iz funkcija i svojstava formule za proračun naknade. Grupa ekonomskih signala obuhvata jasnoću signala koji struktura prenosi (C1), podsticaj za smanjenje habanja infrastrukture (C2), podsticaj za efikasnije korišćenje kapaciteta (C3) i stepen u kojem naknada odražava tražnju i spremnost prevoznika da plati (C4). Stepem usklađenosti strukture naknade sa mestom nastanka troška meri se kriterijumom upravljanja troškovima (C5). Preglednost se meri transparentnošću odnosa između troškova i obračunate naknade (C6) i stepenom diferencijacije prema kategorijama infrastrukture, vozova i vremenskih perioda (C7). Operativnu jednostavnost i administrativnu efikasnost obračuna ocenjuje kriterijum primenjivosti (C8).

Tabela 7.2. Kriterijumi za vrednovanje tipa strukture naknade

| Grupa | Oznaka | Kriterijum | Opis |
|--|--------|---|---|
| I. Ekonomski signali i podsticaji | C1 | Razumljivost ekonomske poruke strukture naknade | Sposobnost strukture naknade da prenese ekonomske signale o stvarnim troškovima i optimalnom korišćenju mreže. |
| | C2 | Podsticaji za smanjenje habanja infrastrukture | Uticaj strukture naknade na smanjenje habanja i prenošenje troškova na korisnike koji ih uzrokuju. |
| | C3 | Podsticaji za povećanje efikasnosti korišćenja infrastrukture | Mogućnost strukture naknade da podstakne racionalniji rad (optimizaciju kapaciteta, smanjenje praznih vožnji i bolje planiranje). |
| | C4 | Tržišna orijentacija i refleksija tražnje | U kojoj meri naknade odražavaju tražnju i platežnu sposobnost prevoznika. |
| II. Upravljanje troškovima i funkcionalnost MI | C5 | Povezanost naknade sa mestom nastanka troškova | Usklađenost strukture naknade sa troškovima koje korisnici uzrokuju |
| III. Transparentnost i razumevanje sistema naplate | C6 | Transparentnost troškova i mehanizma formiranja naknade | Jasnoća veze između stvarnih troškova i obračunate naknade. |
| | C7 | Dimenzija diferencijacije po vozilu, infrastrukturi i vremenu | Stepen u kojem formula diferencira kategorije infrastrukture, vozova i perioda korišćenja. |
| IV. Operativna i administrativna primenljivost | C8 | Operativna jednostavnost i administrativna efikasnost | Jednostavnost obračuna, primene i kontrole naknada, uz smanjenje administrativnih zahteva i rizika greške. |

7.2.2. Metode vrednovanja

Za određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma primenjena je metoda postupnog vrednovanja odnosa težina (*Rough Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*, R-SWARA), razvijena u radu Zavadskas i dr. (2018). Metodom se ekspertima omogućava da izraze relativni značaj kriterijuma postupnim rangiranjem, pri čemu svaki ekspert najpre rangira kriterijume od najvažnijeg ka najmanje važnom, a zatim procenjuje relativnu prednost svakog kriterijuma nad narednim u rang. Prednost R-SWARA metode u odnosu na metode zasnovane na parnim poređenjima, poput analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) i analitičkog mrežnog procesa (ANP), ogleda se u manjem broju potrebnih procena po ekspertu, što pojednostavljuje postupak procene i smanjuje rizik od nekonzistentnosti. Za potrebe ovog istraživanja oblikovana je skala relativnog značaja sa devet nivoa, od 1 (dominantan značaj) do 5 (nebitan značaj), sa međuvrednostima u koraku od 0,5, čime se ekspertima omogućava finija diferencijacija preferencija u poređenju sa uobičajenom SWARA skalom. Predložena skala, formule za proračun težinskih koeficijenata i individualne ekspertske procene prikazani su u Prilogu B.1.

Za vrednovanje tipova strukture naknade razvijena je sistem za procenu i određivanje prioriteta alternativa (*Rough Alternative Prioritisation and Assessment System*, R-ALPAS), koja proširuje osnovni ALPAS pristup (Ulutaš i dr., 2025) primenom teorije grubih brojeva (Malčić i dr., 2026b). Proširenje omogućava agregaciju ekspertskih procena bez pretpostavljanja tipa raspodele: neslaganje među ekspertima izražava se intervalima grubih brojeva umesto jednom determinističkom vrednošću. Metoda se sprovodi u sedam koraka.

Korak 1. Formira se inicijalna matrica odlučivanja $RN(A_{ij})$ dimenzija n kriterijuma \times m alternativa u formi grubih brojeva, na osnovu agregiranih ekspertskih procena, gde i označava alternativu ($i = 1, 2, \dots, m$), a j kriterijum ($j = 1, 2, \dots, n$).

Korak 2. Normalizacijom se matrica svodi na uporedivu skalu. Grubi broj (oznaka RN , od engl. *rough number*) zapisuje se kao interval $RN(X) = [x^L, x^U]$, gde x^L i x^U označavaju donju i gornju granicu, a malo slovo odgovara oznaci promenljive. Najpre se za svaki kriterijum j određuju $RN(B_j) = \max RN(A_{ij})$ i $RN(C_j) = \min RN(A_{ij})$. Za kriterijume tipa *max* (BN, *benefit*) primenjuje se jednačina (7.1), a za kriterijume tipa *min* (CS, *cost*) jednačina (7.2).

$$RN(D_{ij}) = \frac{RN(A_{ij})}{RN(B_j)} = [d_{ij}^L, d_{ij}^U] = \left[\frac{a_{ij}^L}{b_j^U}, \frac{a_{ij}^U}{b_j^L} \right] \quad \text{za BN} \quad (7.1)$$

$$RN(D_{ij}) = \frac{RN(A_{ij})}{RN(C_j)} = [d_{ij}^L, d_{ij}^U] = \left[\frac{a_{ij}^L}{c_j^U}, \frac{a_{ij}^U}{c_j^L} \right] \quad \text{za CS} \quad (7.2)$$

Korak 3. Normalizovana matrica ponderiše se množenjem sa težinskim koeficijentima $RN(w_j)$ dobijenim R-SWARA metodom.

$$RN(E_{ij}) = RN(D_{ij}) \cdot RN(w_j) = [e_{ij}^L, e_{ij}^U] = [d_{ij}^L \cdot w_j^L, d_{ij}^U \cdot w_j^U] \quad (7.3)$$

Korak 4. Idealno rešenje $RN(ID_j)$ i anti-idealno rešenje $RN(AID_j)$ definišu se uzimajući u obzir orijentaciju kriterijuma (BN za *benefit*, CS za *cost*).

$$RN(ID_j) = \max RN(E_{ij}) \text{ za BN, } RN(ID_j) = \min RN(E_{ij}) \text{ za CS} \quad (7.4)$$

$$RN(AID_j) = \min RN(E_{ij}) \text{ za BN, } RN(AID_j) = \max RN(E_{ij}) \text{ za CS} \quad (7.5)$$

Korak 5. Proračunava se koeficijent korisnosti $RN(L_i)$ svake alternative. Svi elementi ponderisane matrice, idealnog i anti-idealnog rešenja uvećavaju se za 1, čime se obezbeđuje da sve vrednosti budu pozitivne. Matrica $RN(G_{ij})$ meri relativan položaj alternative prema idealnom rešenju, a matrica $RN(H_{ij})$ prema anti-idealnom. Razlika $RN(K_{ij})$ izražava neto

korisnost alternative po svakom kriterijumu, a sumiranjem po svim kriterijumima dobija se koeficijent korisnosti $RN(L_i)$.

$$RN(F_{ij}) = RN(E_{ij}) + RN(1) = [f_{ij}^L, f_{ij}^U] = [e_{ij}^L + 1, e_{ij}^U + 1] \quad (7.6)$$

$$RN(ID'_j) = RN(ID_j) + RN(1) = [id_j^{L'}, id_j^{U'}] = [id_j^L + 1, id_j^U + 1] \quad (7.7)$$

$$\begin{aligned} RN(AID'_j) &= RN(AID_j) + RN(1) = [aid_j^{L'}, aid_j^{U'}] \\ &= [aid_j^L + 1, aid_j^U + 1] \end{aligned} \quad (7.8)$$

$$RN(G_{ij}) = \frac{RN(F_{ij})}{RN(ID'_j)} = [g_{ij}^L, g_{ij}^U] = \left[\frac{f_{ij}^L}{id_j^{U'}}, \frac{f_{ij}^U}{id_j^{L'}} \right] \quad (7.9)$$

$$RN(H_{ij}) = \frac{RN(AID'_j)}{RN(F_{ij})} = [h_{ij}^L, h_{ij}^U] = \left[\frac{aid_j^{L'}}{f_{ij}^U}, \frac{aid_j^{U'}}{f_{ij}^L} \right] \quad (7.10)$$

$$RN(K_{ij}) = RN(G_{ij}) - RN(H_{ij}) = [k_{ij}^L, k_{ij}^U] = [g_{ij}^L - h_{ij}^U, g_{ij}^U - h_{ij}^L] \quad (7.11)$$

$$RN(L_i) = \sum_{j=1}^n RN(K_{ij}) \quad (7.12)$$

Korak 6. Kombinovana snaga $RN(P_i)$ svake alternative proračunava se na osnovu aditivne agregacije $RN(M_i)$ i multiplikativne agregacije $RN(N_i)$ u vidu geometrijske sredine. Dve agregacije objedinjuju se koeficijentima α i β čije vrednosti mogu biti u opsegu od 0 do 1 i određuju relativni značaj aditivnog i multiplikativnog pristupa. U ovom istraživanju usvojeno je $\alpha = \beta = 0,5$.

$$RN(M_i) = \sum_{j=1}^n RN(F_{ij}) \quad (7.13)$$

$$RN(N_i) = \prod_{j=1}^n RN(F_{ij}) \quad (7.14)$$

$$RN(P_i) = \alpha \cdot RN(M_i) + \beta \cdot RN(N_i) \quad (7.15)$$

Korak 7. Konačna vrednost alternative $RN(T_i)$ izračunava se sa istim koeficijentima $\alpha = \beta = 0,5$. Alternativa sa najvišom vrednošću predstavlja optimalno rešenje.

$$RN(T_i) = \alpha \cdot RN(L_i) + \beta \cdot RN(P_i) \quad (7.16)$$

Međumatrice proračuna sa numeričkim primerima za odabrane elemente prikazane su u Prilogu B.2.

7.2.3. Ekspertski panel i prikupljanje podataka

Ekspertski panel formiran je kao heterogena grupa od četrnaest stručnjaka sa prosečnim iskustvom dužim od petnaest godina u oblastima analize troškova, regulacije železničkog tržišta, upravljanja infrastrukturom i organizacije tržišta. Panelom su obuhvaćeni predstavnici akademske zajednice, međunarodnih organizacija, regulatornih tela, nadležnog ministarstva, menadžera infrastrukture i železničkog prevoznika. U malim železničkim sistemima sa tržišnim monopolom jednog državnog preduzeća broj stručnjaka sa neposrednim iskustvom u oblasti naknada za pristup infrastrukturi je ograničen, što ograničava veličinu panela. Četrnaest eksperata zadovoljava zahteve MCDM studija zasnovanih na grubim brojevima uporedive složenosti (Chang i dr., 2024; Pamucar i dr., 2022) i obezbeđuje zastupljenost institucionalnih perspektiva. Podaci su prikupljeni strukturiranim upitnikom u jednom krugu, uz prateći dokument sa objašnjenjem kriterijuma i alternativa.

7.2.4. Rezultati vrednovanja

Rezultati primene R-SWARA metode prikazani su u tabeli 7.3. Kriterijum C5 (veza naknade sa mestom nastanka troška) ima najveći značaj sa težinskim koeficijentom $w_j = [0,35; 0,56]$, što ukazuje na to da eksperti vezu između strukture naknade i uzročnika troškova smatraju najvažnijim zahtevom pri izboru tipa strukture. Kriterijumi C1 (jasnoća ekonomskog signala) i C6 (transparentnost troškova) zauzimaju drugo i treće mesto, dok je kriterijum C8 (operativna jednostavnost) ocenjen kao najmanje uticajan.

Tabela 7.3. Težinski koeficijenti kriterijuma dobijeni metodom R-SWARA

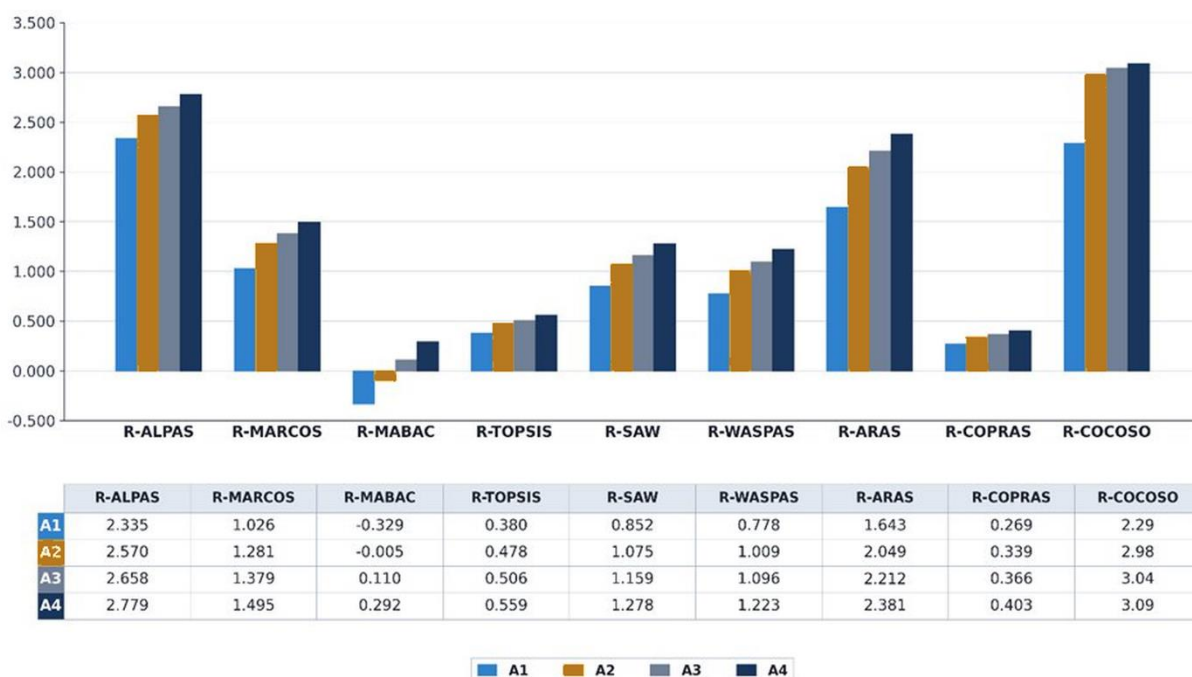
| Kriterijum | S_j | K_j | q_j | w_j |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| C_5 | [1; 1] | [1; 1] | [1; 1] | [0,35; 0,56] |
| C_1 | [0,5; 1,23] | [1,5; 2,23] | [0,45; 0,66] | [0,16; 0,37] |
| C_6 | [0,44; 1,34] | [1,44; 2,34] | [0,19; 0,46] | [0,07; 0,26] |
| C_3 | [0,52; 1,42] | [1,52; 2,42] | [0,08; 0,31] | [0,03; 0,17] |
| C_7 | [0,56; 1,44] | [1,56; 2,44] | [0,03; 0,2] | [0,01; 0,11] |
| C_4 | [0,53; 1,55] | [1,53; 2,55] | [0,01; 0,13] | [0; 0,07] |
| C_2 | [0,61; 1,42] | [1,61; 2,42] | [0,01; 0,08] | [0; 0,04] |
| C_8 | [0,54; 1,63] | [1,54; 2,63] | [0; 0,05] | [0; 0,03] |

Rangiranje alternativa metodom R-ALPAS (tabela 7.4) pokazuje da aditivna struktura (A4) ostvaruje najviši rang. Jednostavna struktura (A1) zauzima poslednje mesto. Redosled A4 >

$A_3 > A_2 > A_1$ ukazuje na to da rang alternativa prati stepen razdvajanja komponenti u formuli za proračun naknade.

Tabela 7.4. Konačne vrednosti alternativa i rangiranje metodom R-ALPAS

| | $RN(L_i)$ | $RN(M_i)$ | $RN(N_i)$ | $RN(P_i)$ | $RN(T_i)$ | Rang |
|-------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------|
| A_1 | [-2,42; 1,81] | [8,26; 9,44] | [1,03; 1,17] | [4,65; 5,31] | [1,11; 3,56] | 4 |
| A_2 | [-2,25; 2,32] | [8,36; 9,79] | [1,04; 1,21] | [4,7; 5,5] | [1,23; 3,91] | 3 |
| A_3 | [-2,21; 2,54] | [8,39; 9,93] | [1,05; 1,23] | [4,72; 5,58] | [1,25; 4,06] | 2 |
| A_4 | [-2,03; 2,72] | [8,49; 10,06] | [1,06; 1,24] | [4,78; 5,65] | [1,37; 4,19] | 1 |



Slika 7.3. Komparativna analiza rangiranja alternativa sa osam MCDM metoda

Stabilnost rangiranja proverena je na dva načina. Komparativnom analizom rezultata osam metoda višekriterijumskog odlučivanja integrisanih sa grubim brojevima (slika 7.3) potvrđeno je da aditivna struktura (A_4) zauzima prvi rang nezavisno od primenjene metode. Analiza osetljivosti obuhvatila je osamdeset scenarija u kojima je sistematski variran težinski koeficijent svakog kriterijuma uz proporcionalno preraspoređivanje preostalih težina, a rang $A_4 > A_3 > A_2 > A_1$ ostaje nepromenjen (Prilog B.3). Izbor aditivne strukture pokazuje se robusnim u odnosu na relativni značaj pojedinog kriterijuma.

Najveći značaj kriterijuma C5 i visok rang aditivne strukture ukazuju na to da eksperti, uprkos ograničenim resursima malog sistema, prednost daju preciznoj raspodeli troškova prema uzročnicima u odnosu na operativnu jednostavnost obračuna. Taj zaključak odgovara zahtevima transparentnosti i nediskriminacije iz Direktive 2012/34/EU, koji su sadržani u

kriterijumima C1 i C6. Modularna priroda aditivne strukture omogućava postepenu primenu, najpre sa komponentama za koje postoje pouzdani podaci o troškovima, pa ograničeni kadrovski i računovodstveni kapaciteti malih sistema ne isključuju primenu aditivne strukture.

Ekspertske vrednovanje potvrđuje izbor aditivne strukture nezavisnim postupkom koji obuhvata izražene preferencije četrnaest stručnjaka iz više institucionalnih perspektiva. Ograničenja vrednovanja obuhvataju regionalnu skoncentrisanost stručnjaka na Zapadni Balkan, jednokratnost postupka koji ne pokriva promene tržišnih uslova tokom vremena i sprovođenje vrednovanja na primeru jednog malog železničkog sistema. Primena istog postupka na druge male železničke sisteme ojačala bi dokaznu osnovu. Izbor aditivne strukture, potvrđen ekspertskim vrednovanjem, predstavlja polaznu osnovu za primenu algoritma na podacima ŽRS.

7.3. Primena modela na podacima Železnica Republike Srpske

Direktni troškovi grupisani su u tri komponente modela (tabela 7.5). Operativni troškovi preslikani su na komponentu korišćenja kapaciteta DT1, direktni deo troškova održavanja na komponentu habanja DT2, a troškovi stabilnih postrojenja za električnu vuču na DT3. Faktor alokacije za DT2 iznosi 0,5941 i utvrđen je iz strukture konta menadžera infrastrukture kao učešće rashoda neposredno vezanih za fizičko habanje i oštećenje infrastrukture kretanjem vozova. Od ukupnih troškova od 14.329.464 €, u formulu ulazi 11.764.007 € (82,1%), dok 2.565.458 € (17,9%) čine fiksni troškovi koji ne ulaze u naknadu prema Uredbi 2015/909/EU. Troškovi su valorizovani na 2025. godinu kumulativnim indeksom potrošačkih cena Bosne i Hercegovine (faktor 1,2969 za period od 2020. do 2025. godine, prema podacima Međunarodnog monetarnog fonda i Agencije za statistiku BiH). Izbor valorizacije opštom inflacijom opravdan je odsustvom specifičnog indeksa troškova železničke infrastrukture, a najveći doprinos kumulativnom rastu dala je energetska kriza 2022. godine (+14,0%).

Tabela 7.5. Direktni troškovi infrastrukture ŽRS grupisani po komponentama modela

| Komponenta modela | Izvor troška | Ključ raspodele | Bazna 2019 (€) | 2025 (€) |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| DT1 (korišćenje kapaciteta) | Operativni troškovi | Proporcionalno vkm | 5.835.347 | 7.567.765 |
| DT2 (habanje) | Održavanje × 0,5941 | Proporcionalno brtkm | 3.754.935 | 4.869.726 |
| DT3 (napajanje za vuču) | Elektrifikovani sistem | Proporcionalno el. vkm | 2.173.725 | 2.819.068 |
| Ukupno u modelu | | | 11.764.007 | 15.256.559 |
| Neraspoređeni (fiksni) | Održavanje × 0,4059 | — | 2.565.458 | — |

Jedinične cene za tri komponente naknade proračunate su kao količnik valorizovanih troškova i odgovarajućeg obima saobraćaja iz realizacije trasa (tabela 7.1). Proračunate vrednosti prikazane su u tabeli 7.6

Tabela 7.6. Jedinične cene po komponentama naknade za ŽRS (2025)

| Jedinična cena | Formula | € |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| c_{kap} (korišćenje kapaciteta) | $7.567.765 / 1.173.587$ vkm | 6,45 €/vkm |
| c_{hab} (habanje) | $4.869.726 / 570.047.101$ brtkm | 0,0085 €/brtkm |
| c_{nap} (napajanje za vuču) | $2.819.068 / 918.906$ el. vkm | 3,07 €/vkm _{el} |

Naknada za MPU proračunava se primenom formule (6.4) na trase putničkog i teretnog voza na deonici od Banje Luke do Doboja (93,5 km, elektrifikovana deonica, $k_k = 1$).

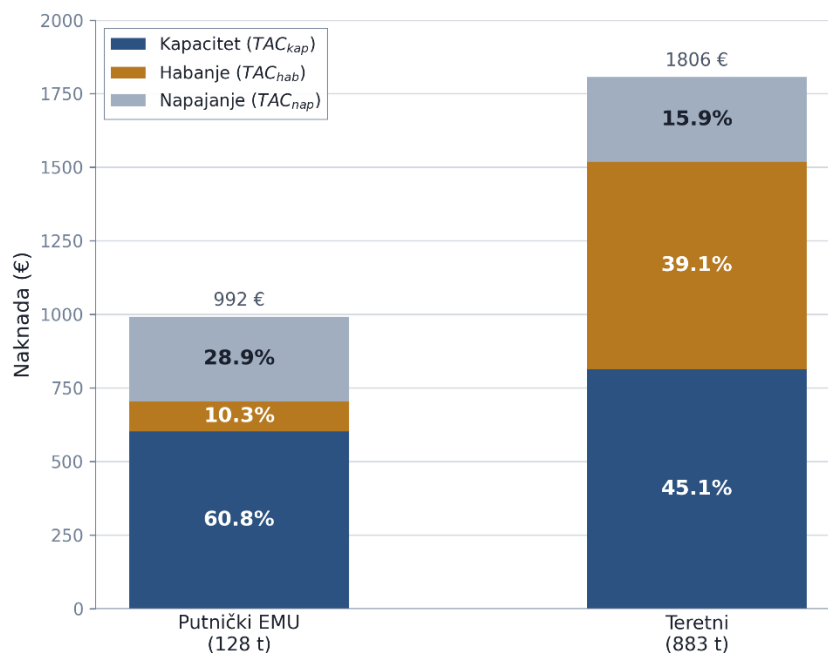
Koeficijent zauzeća kapaciteta za teretni saobraćaj utvrđen je prema jednačini (6.5) iz odnosa prosečnih brzina. Odnos prosečne brzine putničkih (približno 80 km/h) i teretnih vozova (približno 60 km/h) daje vrednost 1,33. Usvojena vrednost $k_z = 1,35$ odražava i dodatno vremensko opterećenje kapaciteta usled duže zaštitne udaljenosti i sporijih manevara pri ukrštavanju na jednokolosečnim prugama. Za putnički saobraćaj koeficijent iznosi $k_z = 1,00$ (referentna vrednost).

Tabela 7.7. Proračun naknade za deonicu Banja Luka do Doboja (93,5 km)

| Komponenta | Putnički ($Q_i = 128$ t, $k_{z,i} = 1,00$) | Teretni ($Q_i = 883$ t, $k_{z,i} = 1,35$) |
|--|--|--|
| $TAC_{kap} = c_{kap} \times k_{z,i} \times k_{k,j} \times L_j$ | $6,45 \times 1,00 \times 1,00 \times 93,5 \approx 603$ | $6,45 \times 1,35 \times 1,00 \times 93,5 \approx 814$ |
| $TAC_{hab} = c_{hab} \times Q_i \times L_j$ | $0,0085 \times 128 \times 93,5 \approx 102$ | $0,0085 \times 883 \times 93,5 \approx 705$ |
| $TAC_{nap} = c_{nap} \times L_j$ | $3,07 \times 93,5 \approx 287$ | $3,07 \times 93,5 \approx 287$ |
| Ukupno (€) | ≈ 992 | ≈ 1.806 |
| Po kilometru (€/km) | ≈ 10,61 | ≈ 19,32 |
| Struktura: kap / hab / nap | 60,8% / 10,3% / 28,9% | 45,1% / 39,1% / 15,9% |

Napomena: vrednosti služe za ilustraciju.

Kod putničkog voza dominira komponenta kapaciteta (60,8%) jer voz bruto mase 128 tona generiše relativno nisku vrednost komponente habanja. Kod teretnog voza komponente kapaciteta i habanja su približno uravnotežene (45,1% i 39,1%) jer voz bruto mase 883 tone ostvaruje približno 7 puta veći broj bruto-tonskih kilometara po kilometru trase. Komponenta napajanja jednaka je za oba voza jer ne zavisi od mase.



Slika 7.4. Struktura naknade po komponentama za referentnu deonicu, putnički i teretni voz

Zbir godišnjih naknada jednak je ukupnim valorizovanim direktnim troškovima raspoređenim u modelu (15.256.559 €), čime se potvrđuje bilansna usklađenost proračuna.

7.4. Potvrda funkcija modela

Proračunom naknade za deonicu od Banje Luke do Doboja (tabela 7.7) pokazano je da algoritam ispravno transformiše bazne troškove u jedinične cene i naknade za trase oba segmenta tržišta. Obračunska funkcija, signalna funkcija, preglednost i regulatorna usklađenost proveravaju se kroz proračune sa različitim vrednostima parametara koji aktiviraju sve elemente algoritma.

Pored proračuna za deonicu od Banje Luke do Doboja (tabela 7.7), definisana su dva proračuna sa različitim vrednostima parametara (tabela 7.8), i to diferencijacija po kategoriji pruge ($k_k = 0,75$ za pruge sa nižim tehničkim karakteristikama) i diferencijacija po masi za četiri tipa vozova. Putnički elektromotorni voz (*Electric Multiple Unit, EMU*) bruto mase 128 tona i teretni voz (883 tone) odgovaraju prosečnim masama iz realizacije trasa za 2025.

godinu (tabela 7.1). Klasični putnički voz (250 tona) predstavlja kompoziciju lokomotivske vuče sa putničkim vagonima, a vrednosti od 500 i 1.200 tona pokrivaju raspon teretnih vozova od lakih do težih kompozicija zastupljenih na mreži ŽRS. Svrha je provera ponašanja modela pri aktiviranju parametara koji u proračunu za referentnu deonicu ostaju na početnim vrednostima.

Vrednost $k_k = 0,75$ za deonice sa nižim tehničkim karakteristikama zasnovana je na odnosu dopuštenih brzina iz studije, približno 60 km/h na deonici od Doboja do Petrova Novog prema približno 80 km/h na deonici od Banje Luke do Doboja (odnos 0,75). Koeficijent kvaliteta pruge ne može se empirijski izvesti za ŽRS jer ne postoji formalna kategorizacija pruga ni rasčlanjivanje troškova po kategorijama. Usvojena vrednost stoga služi za proveru ponašanja koeficijenta u modelu, a ne za utvrđivanje stvarne naknade za konkretnu kategoriju pruge.

Tabela 7.8. Parametri proračuna

| Parametar | Proračun (tab. 7.7) | Dif. po kat. pruge | Dif. po masi |
|------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Kategorije pruge | $k_k = 1$ | mag. 1,00; reg. 0,75 | $k_k = 1$ |
| Tipovi vozova | EMU; teretni | EMU; teretni | 4 tipa (128 do 1200 t) |
| k_z putnički | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| k_z teretni | 1,35 | 1,35 | 1,35 |

7.4.1. Obračunska funkcija

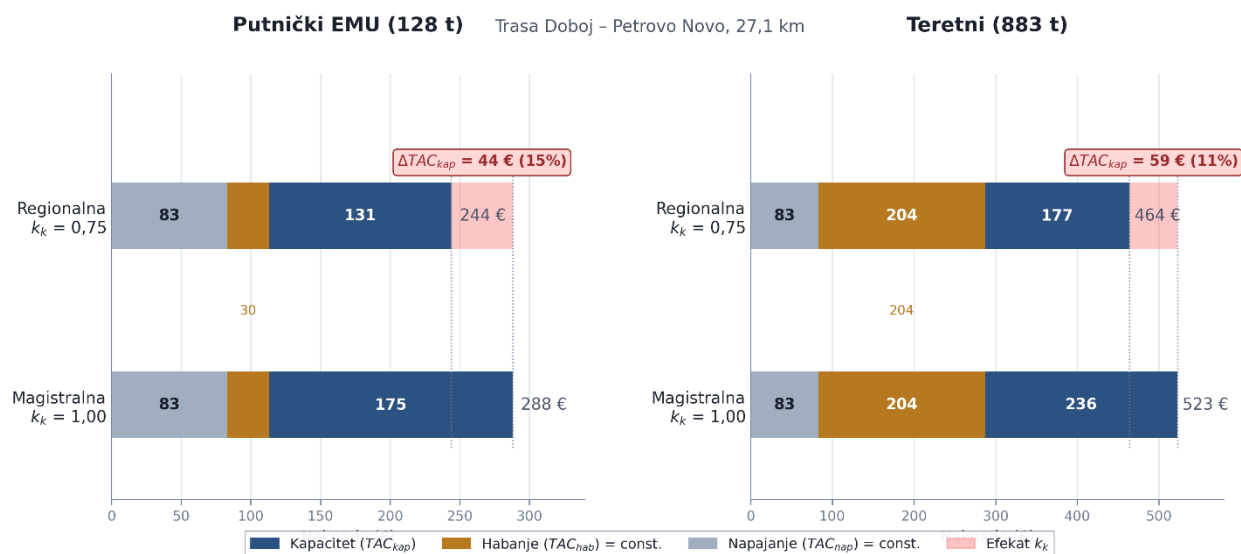
Tabela 7.9 objedinjuje rezultate svih proračuna. Proračun za referentnu deonicu od Banje Luke do Doboja služi kao polazna vrednost.

Tabela 7.9. Proračun naknade za referentne deonice (€)

| Proračun / Deonica | Tip voza | TAC_{kap} | TAC_{hab} | TAC_{nap} | Ukupno |
|---|-------------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Proračun BL do Doboja 93,5 km | EMU 128 t | ≈ 603 | ≈ 102 | ≈ 287 | ≈ 992 |
| Proračun BL do Doboja 93,5 km | Teretni 883 t | ≈ 814 | ≈ 705 | ≈ 287 | ≈ 1.806 |
| Dif. po kat. pruge Doboja do P.N. 27,1 km | EMU 128 t | ≈ 131 | ≈ 30 | ≈ 83 | ≈ 244 |
| Dif. po kat. pruge Doboja do P.N. 27,1 km | Teretni 883 t | ≈ 177 | ≈ 204 | ≈ 83 | ≈ 464 |
| Dif. po masi BL do Doboja 93,5 km | Klas. put. 250 t | ≈ 603 | ≈ 200 | ≈ 287 | ≈ 1.090 |
| Dif. po masi BL do Doboja 93,5 km | Laki ter. 500 t | ≈ 814 | ≈ 399 | ≈ 287 | ≈ 1.500 |
| Dif. po masi BL do Doboja 93,5 km | Teški ter. 1200 t | ≈ 814 | ≈ 958 | ≈ 287 | ≈ 2.059 |

Jedinična cena korišćenja kapaciteta od 6,45 €/vkm proračunata je kao prosek za celu mrežu, bez razlikovanja po deonicama ili kategorijama pruga. U referentnom proračunu koeficijent kvaliteta pruge iznosi $k_k = 1$ za sve pruge, što je usklađeno sa prosečnom cenom

i odsustvom kategorizacije. Proračun sa $k_k = 0,75$ primenjuje taj koeficijent na istu prosečnu cenu i pokazuje smer i intenzitet promene naknade pri aktiviranju diferencijacije. U stvarnoj primeni sa formalnom kategorizacijom pruga, menadžer infrastrukture bi prilagodio baznu jediničnu cenu tako da ponderisani prosek naknada po svim kategorijama pruga ne prelazi ukupne direktne troškove komponente kapaciteta, čime bi se očuvala bilansna usklađenost modela. Postupak prilagođavanja zahteva podatke o obimu saobraćaja po kategorijama pruga, kojima ŽRS trenutno ne raspolaže.



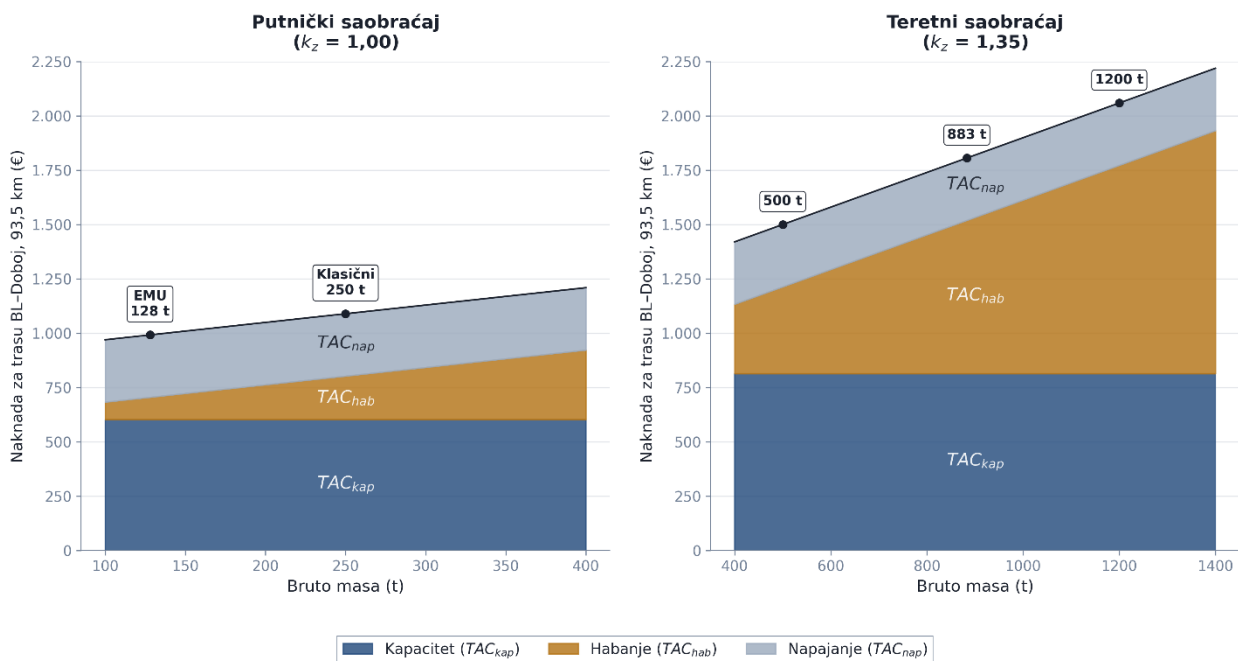
Slika 7.5. Efekat uvođenja koeficijenta kvaliteta pruge

Svi proračuni potvrđuju da formula daje definisan numerički rezultat za svaku kombinaciju parametara bez potrebe za revizijom strukture ili uvođenjem dodatnih pretpostavki. Struktura formule ostaje nepromenjena nezavisno od toga da li se primenjuje na jednu ili dve kategorije pruge, na vozove mase od 128 do 1.200 tona ili na oba segmenta tržišta istovremeno.

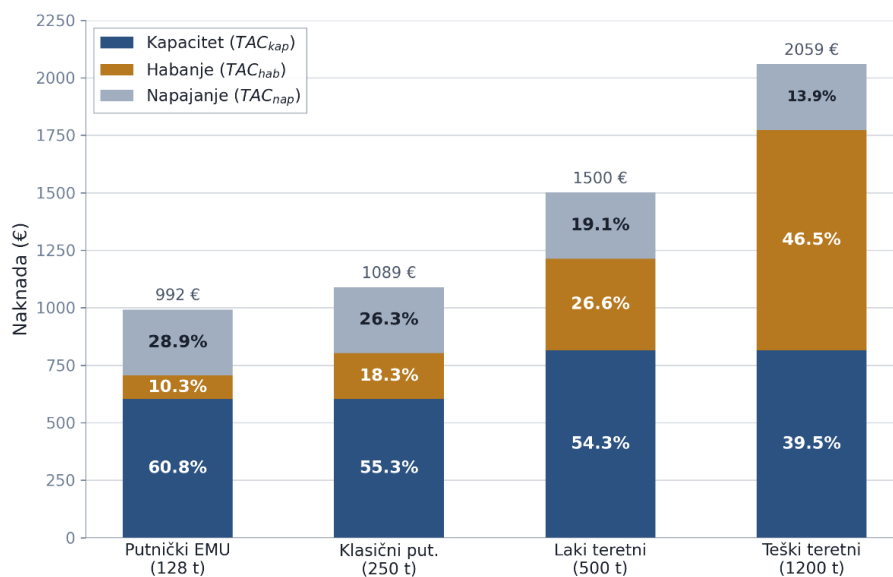
7.4.2. Signalna funkcija

Signalna funkcija proverava se analizom osetljivosti naknade na promenu bruto mase voza (slika 7.6) i poređenjem strukture naknade za četiri tipa vozova (slika 7.7, tabela 7.10).

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za male železničke mreže



Slika 7.6. Uticaj promene bruto mase voza na naknadu



Slika 7.7. Struktura naknade za četiri tipa voza na deonici Banja Luka do Doboj

Tabela 7.10. Naknada po komponentama za četiri tipa vozova na referentnoj deonici

| Tip voza | Masa (t) | TAC_{kap} (€) | TAC_{hab} (€) | TAC_{nap} (€) | Ukupno (€) |
|-------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| Putnički EMU | 128 | 602,93 (60,8%) | 102,24 (10,3%) | 286,84 (28,9%) | 992,01 |
| Klasični putnički | 250 | 602,93 (55,3%) | 199,69 (18,3%) | 286,84 (26,3%) | 1.089,46 |
| Teretni (laki) | 500 | 813,95 (54,3%) | 399,37 (26,6%) | 286,84 (19,1%) | 1.500,17 |
| Teretni (teški) | 1.200 | 813,95 (39,5%) | 958,49 (46,5%) | 286,84 (13,9%) | 2.059,28 |

Komponenta habanja raste proporcionalno masi voza, od 102,24 € (10,3%) za putnički EMU od 128 tona do 958,49 € (46,5%) za teretni voz od 1.200 tona. Komponente kapaciteta i

napajanja ostaju nezavisne od mase. Prevoznik koji razmatra smanjenje bruto mase voza može iz formule proračunati tačan efekat te promene na komponentu habanja, bez uticaja na ostale komponente.

Formula razdvaja i vremensku dimenziju signala. Razlika u komponenti kapaciteta između putničkog (603 €) i teretnog voza (814 €) na istoj deonici proizlazi iz koeficijenta zauzeća kapaciteta ($k_z = 1,35$) i predstavlja cenovni signal o različitom vremenskom zauzeću infrastrukture. Treća, energetska dimenzija signala, ostvaruje se prisustvom komponente napajanja za vuču koja se obračunava samo na elektrifikovanim deonicama, čime prevoznik na neelektrifikovanoj deonici ne snosi taj trošak.

Formula proizvodi cenovne signale u oba segmenta tržišta istim mehanizmom, bez razlike u strukturi proračuna između putničkog i teretnog saobraćaja.

7.4.3. Preglednost i regulatorna usklađenost

Preglednost formule, kao sposobnost razdvajanja cenovnih signala prema dimenzijama korišćenja infrastrukture, kvantifikovana je indeksom preglednosti (jednačina 5.3). Formula (6.4) sadrži pet veličina korišćenja i cena ($L, Q, c_{kap}, c_{hab}, c_{nap}$), dva koeficijenta (k_z, k_k) i jedan diferencirajući element (elektrifikacija), što daje ukupno osam elemenata ($E = 8, K = 2, D = 1$). Indeks preglednosti iznosi $IP = 1 - (2 + 1)/8 = 0,625$, čime formula pripada zoni aditivnih struktura sa visokom preglednošću utvrđenoj komparativnom analizom jedanaest sistema. Raščlanjivanje naknade na tri vidljive komponente (tabela 7.7) omogućava prevozniku da prepozna udeo kapaciteta, habanja i napajanja u ukupnom iznosu i da proračuna efekat promene sopstvenog ponašanja na svaku komponentu zasebno.

Svaki parametar u formuli ($c_{kap}, c_{hab}, c_{nap}, k_z, k_k$) ima definisan izvor podataka, mernu i troškovnu osnovu i objavljenu vrednost, čime se ispunjava zahtev za objavljivanjem u Izjavi o mreži prema članu 29 Direktive 2012/34/EU. Usklađenost modela sa regulatornim okvirom prikazana je u tabeli 7.11.

Tabela 7.11. Usklađenost modela sa regulatornim okvirom

| Regulatorni zahtev | Izvor | Ispunjenost |
|---|---------------------------|---|
| Naknada zasnovana na direktnim troškovima | Čl. 31(3) Dir. 2012/34/EU | Da (DT1+DT2+DT3 iz baze direktnih troškova) |
| Transparentnost parametara | Čl. 29 Dir. 2012/34/EU | Da (svaki parametar sa izvorom) |
| Nediskriminatorni pristup | Čl. 31(1) Dir. 2012/34/EU | Da (jedinstvena formula sa objektivnim parametrima) |

| Regulatorni zahtev | Izvor | Ispunjenost |
|------------------------------------|------------------------------|---|
| Proporcionalnost troškovima | Čl. 31(3) Dir. 2012/34/EU | Da (raspodela prema uzročnicima: vkm, brtkm) |
| Podsticaj za smanjenje troškova | Preambula Dir. 2012/34/EU | Da (signalna funkcija kroz kompo- nentu habanja) |
| Verifikacija po komponentama | Uredba 2015/909/EU | Da (regulatorno telo proverava svaku komponentu) |

7.5. Diskusija rezultata

Primena modela na podacima ŽRS i proračuni sa različitim vrednostima parametara pružaju osnovu za sagledavanje postavljenih hipoteza istraživanja.

Prema prvoj hipotezi (H1), mali železnički sistemi imaju zajedničke karakteristike koje zahtevaju drugačiji pristup u modeliranju naknada. ŽRS ispoljava tri ograničenja tipična za ovu grupu sistema: neotvoreno tržište sa jednim prevoznikom (intersektorski ugovor zaključen između dva organizaciona dela istog preduzeća), nedovoljan kadrovski kapacitet za samostalan razvoj modela naknada (angažovanje međunarodnog konzorcijuma za elementarnu analizu troškova) i budžetsko ograničenje (subvencija od 3.507.462 € pokriva 23,0% valorizovanih direktnih troškova od 15.256.559 €). Predloženi model oblikovan je za ove uslove jer ne zahteva otvoreno tržište, kapacitete za složene kvantitativne analize niti potpuno pokriće direktnih troškova. Primena na ŽRS potvrđuje da takav pristup funkcioniše u praksi, čime se prva hipoteza smatra potvrđenom.

Prema drugoj hipotezi (H2), moguće je razviti opšti algoritam i jedinstveno strukturiranu formulu. Algoritam je primenjen na podacima ŽRS bez prilagođavanja strukture ili redosleda koraka. Proračun sa dve varijacije parametara pokazuje da ista formula pokriva dvosegmentno tržište, jedinstvenu i diferenciranu mrežu i vozove sa masama od 128 do 1.200 tona. Algoritam kombinuje bazne troškove iz 2019. sa obimom saobraćaja za 2025. godinu, bez potrebe za strukturnom izmenom formule, iako posmatrani period obuhvata pandemiju COVID-19, energetska krizu 2022, pad obima saobraćaja od 23,3% i kumulativnu inflaciju od 29,7%. Druga hipoteza se smatra potvrđenom.

Prema trećoj hipotezi (H3), vrednosti pojedinih članova, koeficijenata i jediničnih cena zasebne su za svaku malu železnicu i proračunavaju se na osnovu podataka dostupnih na nivou tog sistema. Jedinična cena korišćenja kapaciteta izvedena je iz operativnih troškova infrastrukture ŽRS, valorizovanih na 2025. godinu i podeljenih ukupnim voznim kilometrima. Mali sistem sa drukčijim troškovima, obimom saobraćaja i strukturom

računovodstvenih evidencija imao bi zasebne vrednosti istih parametara, dok bi struktura formule i algoritam ostali nepromenjeni. Treća hipoteza smatra se potvrđenom, pri čemu kvalitet raspoloživih podataka ograničava obim te potvrde.

Ograničenja primene obuhvataju četiri aspekta. Neotvoreno tržište onemogućava empirijsku proveru signalne funkcije u uslovima konkurencije. Za bazne troškove raspoloživ je samo jedan izvor sa referentnom godinom 2019, a valorizacija je sprovedena opštom inflacijom jer zaseban indeks troškova železničke infrastrukture ne postoji. Vrednost koeficijenta zauzeća kapaciteta proizlazi iz procene odnosa vremena vožnje, a ne iz merenja stvarnog zauzeća deonice, što unosi nepreciznost u komponentu kapaciteta. Konačno, svi stručnjaci u ekspertskom panelu dolaze iz regiona Zapadnog Balkana, pa prenosivost nalaza vrednovanja na druge delove Evrope ostaje neproverena.

Primena koeficijenata korekcije na komponentu kapaciteta, a ne na komponentu habanja, zasniva se na kauzalnom principu prema kome troškovi regulisanja saobraćaja zavise od režima saobraćanja, a troškovi habanja od fizičkog opterećenja koloseka. Na prugama nižeg kvaliteta isti fizički uticaj mase voza može izazvati veće troškove habanja jer je infrastruktura osetljivija na opterećenje, što sugeriše da bi multiplikator koji odražava stanje pruge mogao imati osnovu i u komponenti habanja. Model ovo ne uvodi jer raspoloživi podaci ne dozvoljavaju razdvajanje troškova habanja po kategorijama pruga, ali formula (kroz indeks j u $c_{hab,j}$) ostaje spremna za tu diferencijaciju kada podaci to omoguće.

Proračun sa koeficijentom kvaliteta pruge $k_k = 0,75$ za deonice sa nižim tehničkim karakteristikama pokazao je da naknada proporcionalno opada sa smanjenjem koeficijenta (slika 7.5). Na deonici od Doboja do Petrova Novog (27,1 km) naknada za putnički EMU iznosi 244 € sa koeficijentom 0,75, dok bi na istoj deonici sa koeficijentom 1,00 iznosila 288 €. Razlika od 15% u režimu obaveze javnog prevoza neposredno smanjuje rashod budžeta nadležnog organa za kompenzaciju prevoznika. Formalna klasifikacija pruga i rasčlanjivanje troškova održavanja po kategorijama predstavljaju preduslove koje ŽRS trenutno ne ispunjava, pa je u pitanju raspoloživost podataka, a ne prilagođavanje modela.

Utvrđivanje razlika u troškovima habanja po kategorijama pruga zahteva praćenje degradacije gornjeg stroja (merenje profila šine, defektoskopija, evidencija zamene pragova) po deonicama, za šta mali sistemi po pravilu ne raspolažu ni opremom ni kadrom. Primena koeficijenta k_k na komponentu habanja u odsustvu tih podataka proizvela bi smanjenje naknade na prugama sa nižim tehničkim karakteristikama, a stvarni troškovi habanja na

prugama sa slabijim gornjim strojem (šine manjeg profila, tanji sloj zastora, kraći intervali zamene) mogu biti viši po jedinici saobraćaja, a ne niži. Uvođenje koeficijenta bez troškovnog osnova moglo bi stoga proizvesti naknadu koja ne odražava stvarno opterećenje infrastrukture. Multiplikativna formula ne bi dozvolila ovu selekciju jer koeficijent kvaliteta pruge u takvom izrazu množi celokupnu naknadu, uključujući i komponentu habanja, bez mogućnosti razlikovanja između dimenzije za koju podatak postoji i dimenzije za koju ne postoji. Upravo ta neselektivnost ograničava upotrebljivost multiplikativne strukture u uslovima neravnomerne raspoloživosti podataka koji karakterišu male sisteme. Aditivna formula dozvoljava da koeficijent k_k deluje na komponentu kapaciteta, gde se razlike u operativnim troškovima mogu utvrditi iz računovodstvenih evidencija, a da na komponentu habanja ne utiče. Ovo nije ograničenje modela nego projektna odluka zasnovana na načelu da se koeficijent uvodi samo tamo gde za njega postoji troškovni osnov.

Aditivna struktura formule omogućava proširenje bez narušavanja postojećih komponenti. Ako menadžer infrastrukture uvede podsticaj za primenu ETCS sistema (primenjen u jednom od jedanaest analiziranih sistema), taj podsticaj postaje zaseban sabirak koji umanjuje naknadu za opremljene vozove bez promene jediničnih cena kapaciteta, habanja ili napajanja. Marža po tržišnim segmentima dodaje se na iznos proračunat formulom kao zasebna stavka. Ova proširivost proizlazi iz nezavisnosti sabiraka u aditivnom izrazu i predstavlja strukturnu prednost u poređenju sa multiplikativnom formulom, gde svaki novi koeficijent menja rezultat u zavisnosti od vrednosti svih ostalih.

Rezultati su neposredno primenljivi na železnički sistem Republike Srpske. Višegodišnji ugovor, ugovor o javnom prevozu i intersektorski ugovor uspostavljaju okvir u kome bi prelaz na aditivnu strukturu naknade bio operativno izvodljiv. Podaci koje ŽRS prikupljaju (vozni kilometri i bruto masa po vrstama saobraćaja i vuče) odgovaraju mernim osnovama komponenti modela. Razdvajanje naknade na tri komponente sa zasebnim troškovnim osnovama obezbeđuje menadžeru infrastrukture uvid u strukturu troškova prema uzročnicima i utvrđivanje oblasti u kojima su troškovi nesrazmerno visoki. Na osnovu toga, aktivnosti održavanja mogu se usmeravati prema deonicama i kategorijama vozova koje stvaraju najveće opterećenje infrastrukture. Primena na druge male železničke sisteme sa različitim institucionalnim uslovima, obimom saobraćaja i strukturom troškova ojačala bi dokaznu osnovu opštosti algoritma i formule.

8. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Naknade za korišćenje železničke infrastrukture oblikuju se pod uticajem regulatornih zahteva, troškovnih uslova i tržišnih ograničenja svakog pojedinačnog železničkog sistema. Regulatorni okvir Evropske unije važi za sve države članice i kandidate, ali ne propisuje kako strukturirati formulu za proračun naknade. Za male železničke sisteme mogućnost prilagođavanja nacionalnim okolnostima pretvorila se u opterećenje jer ti sistemi ne raspolažu ni kadrovskim, ni finansijskim resursima, ni podacima potrebnim da samostalno oblikuju strukturu naknade koja istovremeno zadovoljava regulatorne zahteve i odgovara njihovim uslovima.

Istraživanje su usmerile tri hipoteze. Prva polazi od toga da male železnice imaju zajedničke karakteristike koje zahtevaju zaseban pristup modeliranju naknada. Na osnovu tih karakteristika, druga hipoteza pretpostavlja mogućnost formulisanja opšteg algoritma i jedinstvene strukture formule. Treća se odnosi na zavisnost vrednosti parametara od podataka raspoloživih na nivou konkretnog sistema.

8.1. Sinteza rezultata i potvrda hipoteza

Polazna pretpostavka istraživanja bila je da dužina mreže, kao najvidljiviji pokazatelj, ne određuje sposobnost železničkog sistema da primeni regulatorni okvir za naknade. Razvojem CRSSI, koji objedinjuje pet dimenzija (infrastrukturnu, operativnu, ekonomsku, institucionalnu i tržišnu) u jedinstvenu meru, ta pretpostavka je empirijski proverena. Klasifikacijom 33 evropska železnička sistema utvrđeno je da polovina (52%) pripada kategorijama malih i veoma malih, da se veličina sistema ne poklapa sa veličinom države i da sistemi sa sličnom dužinom mreže mogu pripadati različitim kategorijama upravo zbog razlika u ostalim dimenzijama.

Analizom glavnih komponenti utvrđene su tri empirijske komponente kojima se objašnjava 73,1% ukupne varijanse u uzorku. Prva obuhvata pretežno indikatore infrastrukturne i operativne dimenzije uz institucionalne, što ukazuje na opšti faktor veličine sistema. Razdvajanje ekonomskih indikatora od infrastrukturnih u drugoj komponenti pokazuje da ekonomska razvijenost i infrastrukturna veličina ne mere istu pojavu. Treća komponenta

izdvaja tržišne indikatore, čime se stepen otvorenosti tržišta prepoznaje kao nezavisna dimenzija koja se ne može svesti na veličinu mreže ili ekonomski kapacitet.

Izbor jedanaest sistema za komparativnu analizu sproveden je tako da obuhvati različite vrednosti CRSSI iz četiri geografska regiona. Isključivanjem sistema koji uprkos maloj mreži raspolažu značajnim ekonomskim i institucionalnim kapacitetima, kao i sistema bez javno dostupnih Izjava o mreži, uzorak je usmeren na železnice kod kojih su strukturna ograničenja najizraženija.

Četiri elementa (dužina trase, masa voza, elektrifikacija i razlikovanje prema vrsti prevoza) prisutna su u gotovo svim analiziranim formulama, dok preostali zavise od toga čime konkretna železnica raspolaže u pogledu evidencija i administrativnih resursa. Elementi koji zahtevaju složenije praćenje (brzina voza, dužina voza, razlikovanje prema vremenu korišćenja) zastupljeni su samo u sistemima čiji kapaciteti to omogućavaju.

Multiplikativne strukture zastupljene su u državama nastalim raspadom Jugoslavije i u Grčkoj, dok aditivne odlikuju baltičke zemlje i srednju Evropu. Nasleđeni način regulisanja i administrativni pristup utiču na izbor tipa u meri uporedivoj sa tehničkim i ekonomskim razlozima. Geografska pravilnost pokazuje da reforma strukture naknade podrazumeva i prevladavanje regulatorne inercije, a ne samo tehničku zamenu formule.

Raspon odnosa habanja prema kapacitetu u analiziranim sistemima varira u meri koja se ne može objasniti razlikama u troškovima, već odražava suštinski različite pristupe naplate. Sistemi koji celokupnu naknadu vezuju za masu voza nalaze se na jednom kraju raspona, a sistemi u kojima masa uopšte ne ulazi u proračun na drugom.

Između preglednosti formule i njene jednostavnosti postoji razlika koja se pokazuje indeksom preglednosti razvijenim za potrebe ovog istraživanja. Utvrđena je pozitivna veza između broja jediničnih cena u izrazu i preglednosti formule za prevoznika. Aditivne strukture ostvaruju najviše vrednosti preglednosti jer svaka komponenta ima zasebnu mernu osnovu i sopstvenu jediničnu cenu, pa prevoznik može da prepozna vezu između sopstvenog ponašanja i iznosa naknade.

Osam smernica izvedenih na osnovu komparativne analize pretvoreno je u četiri principa modeliranja (razdvajanje komponenti, dinamičnost, transparentnost, proporcionalnost) koji neposredno određuju oblik algoritma i matematičkog izraza. Razdvajanje komponenti zahteva da svaka dimenzija korišćenja infrastrukture ima zasebnu mernu osnovu i sopstvenu jediničnu cenu. Prema principu dinamičnosti, promena obima saobraćaja menja

iznos naknade bez intervencije u strukturu formule. Transparentnost obezbeđuje da prevoznik može da utvrdi kako je naknada formirana, a proporcionalnost da odnos između naknade i opterećenja infrastrukture bude linearan.

Složenost celokupnog postupka od polaznih podataka do naknade za dodeljenu trasu svodi se na četiri klastera obrade i tri grupe ulaznih podataka (saobraćaj, mreža, troškovi). Formula raščlanjuje naknadu za MPU na tri komponente: korišćenje kapaciteta (izraženo u voznim kilometrima), habanje i oštećenje infrastrukture (izraženo u bruto-tonskim kilometrima) i napajanje za vuču (primenjivo samo na elektrifikovanim deonicama). Svaka komponenta ima zasebnu jediničnu cenu proračunatu iz direktnih troškova, čime je zadovoljen zahtev Uredbe 2015/909/EU.

Formula ne zahteva da sve tri komponente budu aktivne da bi struktura ostala primenljiva, što za male sisteme ima neposredan praktičan značaj. Železnica koja ne raspolaže podacima za sve tri komponente može započeti primenu sa dve, uz postepeno uvođenje treće kada podaci postanu raspoloživi. Sistem sa jednom vrstom saobraćaja i jednom kategorijom pruge primenjuje koeficijente korekcije sa referentnim vrednostima jednakim jedinici, čime formula zadržava strukturu bez unošenja diferencijacije koja ne odražava stvarne uslove.

Izbor aditivne strukture potvrđen je iz dva nezavisna pravca. Komparativna analiza prepoznala je aditivne izraze kao jedine koji istovremeno zadovoljavaju principe modeliranja. Ekspertsko vrednovanje zasnovano na metodama R-SWARA i R-ALPAS, sprovedeno sa četrnaest stručnjaka iz akademske zajednice, regulatornih tela, međunarodnih organizacija i menadžera infrastrukture, nezavisno je dovelo do istog izbora. Stabilnost rezultata proverena je primenom osam metoda višekriterijumskog odlučivanja i sve su aditivnu strukturu rangirale kao prvorangiranu alternativu.

Primenom modela na podacima Železnica Republike Srpske za 2025. godinu pokazano je da struktura formule ostaje nepromenjena pri promeni ulaznih podataka. Proračun je sproveden na dvosegmentnom tržištu sa putničkim i teretnim saobraćajem, čime je formula primenjena u uslovima koji aktiviraju sve tri komponente naknade i oba koeficijenta korekcije. Jedinične cene proračunate su iz računovodstvenih evidencija i saobraćajnih podataka ŽRS, bez preuzimanja vrednosti iz drugih sistema.

Razdvajanje dimenzija korišćenja infrastrukture u formuli omogućava prevozniku da prepozna vezu između sopstvenog ponašanja i iznosa naknade. Komponenta kapaciteta ostaje nepromenjena pri promeni mase jer zavisi od broja prolazaka, dok komponenta

habanja raste proporcionalno masi. Poređenje vozova različitih masa i vrsta saobraćaja na istoj deonici pokazalo je da razlike u naknadi proizlaze iz merljivih razlika u korišćenju infrastrukture, a ne iz administrativnih kategorija.

Prva hipoteza, prema kojoj male železnice imaju zajedničke karakteristike koje zahtevaju zaseban pristup modeliranju naknada, potvrđena je. Klasifikacija primenom CRSSI utvrdila je da gotovo polovina evropskih sistema pripada kategorijama malih i veoma malih, komparativna analiza prepoznala je zajedničke obrasce (oslanjanje na ograničen broj elemenata, odsustvo složenijih mehanizama diferencijacije, geografska pravilnost u izboru tipa formule), a strukturna ograničenja uočena su u svim analiziranim sistemima.

Druga hipoteza, prema kojoj je moguće razviti opšti algoritam i jedinstveno strukturiranu formulu, potvrđena je u granicama sprovedene provere. Algoritam i formula primenjeni su na proračun sa putničkim i teretnim segmentom bez strukturnih prilagođavanja, a nezavisno ekspertske vrednovanje dovelo je do istog izbora.

Za treću hipotezu, prema kojoj vrednosti parametara proizlaze iz podataka raspoloživih na nivou konkretnog sistema, provera je sprovedena na podacima ŽRS. Jedinične cene proračunate su iz računovodstvenih evidencija i saobraćajnih podataka, faktor raspodele utvrđen je dodeljivanjem centara troška komponentama modela, a koeficijenti korekcije iz tehničkih parametara sistema. Nijedna vrednost nije preuzeta iz drugog sistema niti utvrđena ekspertske procenom.

Tri hipoteze čine povezan argumentacioni niz. Prva utvrđuje da zajedničke karakteristike postoje i da su merljive. Na osnovu tih karakteristika, druga pokazuje da je moguće formulisati opšti postupak. Treća potvrđuje da taj postupak daje zasebne vrednosti za konkretan sistem na osnovu podataka kojima taj sistem raspolaže. Potvrda sve tri hipoteze ne znači da je model najbolji za svaku malu železnicu, već da postoji metodološki utemeljen postupak koji mali sistem može primeniti umesto preuzimanja rešenja iz velikih sistema ili oslanjanja na administrativne procene bez troškovne osnove. Upravo u tome leži doprinos istraživanja: polazište je zajedničko ograničenje malih sistema. Rešenje projektovano za velike sisteme ne može biti preuzeto bez prilagođavanja.

8.2. Naučni doprinos i primenjivost rezultata

Istraživanje je doprinelo teorijskom razumevanju struktura naknada na nekoliko načina. Uspostavljena je pojmovna hijerarhija kojom se razgraničavaju pojmovi sistema, strukture,

elementa, komponente, modela i matematičkog izraza u oblasti naknada za korišćenje železničke infrastrukture. Ta sistematizacija otklanja terminološku nedoslednost prisutnu u literaturi, gde se navedeni pojmovi koriste kao sinonimi, i olakšava uporedivost istraživanja. Razvijena je metoda R-ALPAS koja proširuje osnovni ALPAS pristup teorijom grubih brojeva. Metodom se omogućava agregacija ekspertskih procena bez pretpostavljanja tipa raspodele, pri čemu se nesigurnost među ekspertima izražava kroz intervale grubih brojeva. R-ALPAS je primenjena pri vrednovanju tipova strukture naknade, ali njena primenljivost nije ograničena na oblast naknada za korišćenje infrastrukture.

Praktični doprinos ogleda se u postupku koji menadžeru infrastrukture malog železničkog sistema omogućava formiranje naknade za MPU. Model koristi samo podatke kojima mali sistemi raspolažu, a istovremeno ispunjava zahteve Direktive 2012/34/EU i Uredbe 2015/909/EU u pogledu zasnovanosti na direktnim troškovima, transparentnosti i nediskriminacije. Osam smernica za oblikovanje strukture naknade može poslužiti kao polazište pri izradi nacionalnih metodologija za utvrđivanje naknada, naročito u državama Zapadnog Balkana koje su u procesu usklađivanja sa regulatornim okvirom EU.

Za regulatorna tela model obezbeđuje osnovu za kontrolu strukture naknade zahvaljujući sledljivosti svakog parametra od troškovne osnove do objavljene vrednosti u Izjavi o mreži. Aditivna formula razdvaja komponente tako da se usklađenost svake od njih sa zahtevima Direktive 2012/34/EU može zasebno proveriti. Regulatorno telo može utvrditi da li jedinične cene odražavaju direktne troškove, da li su koeficijenti korekcije zasnovani na merljivim parametrima i da li raspodela troškova između segmenata tržišta odgovara stvarnoj strukturi korišćenja.

Železnice koje tek uspostavljaju sistem naknada mogu preuzeti algoritam i aditivnu formulu kao gotov okvir, uz prilagođavanje vrednosti parametara sopstvenim podacima bez potrebe za ponovnim oblikovanjem strukture. Takav pristup posebno je značajan jer jednoobrazna primena regulatornih zahteva bez uvažavanja razlika u kapacitetima stavlja male sisteme u neravnotežan položaj, što se odražava i na oblikovanje naknada.

Za železnički sistem Republike Srpske taj prelaz ima neposrednu primenljivost. Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju između Bosne i Hercegovine i Evropske unije (2015) obavezuje na postepeno usklađivanje sa pravnom tekovinom EU, uključujući propise o jedinstvenom železničkom prostoru. Član 11 intersektorskog ugovora (br. 22357/2024) predviđa reviziju uslova pri otvaranju tržišta, čime se potvrđuje da je sadašnje stanje (neotvoreno tržište sa

jednim prevoznikom) privremeno. Prelaz sa internog računovodstvenog obračuna na transparentan sistem naknada zasnovan na direktnim troškovima zahteva strukturu naknade koja omogućava nediskriminatoran pristup infrastrukturi za buduće konkurentne prevoznike. Predloženi model obezbeđuje upravo takvu strukturu.

8.3. Ograničenja i pravci budućih istraživanja

Demonstrirana primenjivost modela ima granice koje proizlaze iz obima sprovedene provere i raspoloživih podataka.

Model je razvijen i primenjen na jednom železničkom sistemu. Železnice Republike Srpske poslužile su kao studija slučaja koja prikazuje celokupan postupak, ali potvrda na jednom sistemu nije dovoljna za uopštavanje zaključaka na više malih železnica sa različitim institucionalnim okvirima, računovodstvenim praksama i tržišnim strukturama.

Ekspertska grupa za višekriterijumsko vrednovanje obuhvatila je četrnaest stručnjaka iz regiona Zapadnog Balkana. Raznolikost grupe u pogledu institucionalnog profila (akademska zajednica, regulatorna tela, međunarodne organizacije, menadžeri infrastrukture) obezbeđuje širinu perspektiva, ali činjenica da su svi stručnjaci iz istog regiona ograničava prenosivost nalaza o preferencijama na druge delove Evrope.

Raščlanjivanje ukupnih troškova ŽRS na komponente modela zavisilo je od postojećeg računovodstvenog sistema, koji nije postavljen za potrebe modeliranja naknada prema komponentama kapaciteta, habanja i napajanja. Faktor raspodele utvrđen je na osnovu raspoloživih računovodstvenih podataka, a bilansnom proverom doslednosti potvrđena je sledljivost proračuna. Računovodstveni sistemi drugih malih železnica organizovani su na drugačiji način, pa pridruživanje centara troška komponentama modela zahteva zaseban postupak za svaki sistem.

Komparativna analiza struktura naknada zasnovana je na podacima iz Izjava o mreži za redove vožnje 2022, 2023. i 2024. godine. Izjave o mreži pružaju pouzdan i uporediv izvor u pogledu matematičkih izraza i vrednosti parametara, ali ne sadrže podatke o ukupnim troškovima menadžera infrastrukture niti o načinu raspodele troškova na komponente. Regulatorni i operativni uslovi podložni su promenama, pa rezultati analize odražavaju stanje u posmatranom periodu.

Prepoznata ograničenja neposredno određuju pravce daljih istraživanja.

Primena modela na drugim malim železničkim sistemima predstavlja prioritetni pravac daljeg rada. Provera sprovedena na podacima ŽRS pokazala je da algoritam i formula funkcionišu u uslovima tog sistema, ali prenosivost na sisteme sa drugačijim računovodstvenim praksama, različitim stepenom liberalizacije tržišta i drugačijom strukturom mreže zahteva zasebnu proveru. Baltičke zemlje (Letonija, Litvanija), koje već primenjuju aditivne strukture, prirodan su izbor za prvu takvu proveru jer bi se rezultati mogli uporediti sa postojećim sistemima naknada.

Provera koeficijenta kvaliteta pruge na sistemima sa diferenciranom mrežom ostaje otvorena. Koeficijent zauzeća kapaciteta potvrđen je na dvosegmentnom tržištu ŽRS, ali koeficijent kvaliteta pruge primenjen je samo kroz proračun sa pretpostavljenim parametrima jer ŽRS ne raspolaže formalnom kategorizacijom pruga. Mali sistem sa kategorizovanom mrežom i dvosegmentnim tržištem omogućio bi empirijsku proveru dejstva ovog koeficijenta u realnim uslovima.

Proširenje ekspertske grupe na stručnjake iz drugih evropskih regiona ojačalo bi dokaznu osnovu o preferencijama pri izboru tipa strukture naknade. Grupa u ovom istraživanju obuhvatila je stručnjake čiji odgovori odražavaju iskustvo rada u malim sistemima sa pretežno multiplikativnim strukturama. Uključivanje stručnjaka iz baltičkih zemalja, Skandinavije ili zemalja srednje Evrope omogućilo bi proveru da li preferencija za aditivnu strukturu ostaje stabilna i u širem institucionalnom okruženju.

CRSSI razvijen je kao statički instrument zasnovan na podacima za jednu godinu, sa jednakim težinama pet dimenzija. Razvoj dinamičke verzije indeksa, koja prati promene vrednosti indikatora tokom vremena, omogućio bi praćenje efekata institucionalnih reformi, investicionih programa i procesa pristupanja Evropskoj uniji na položaj nacionalnih železnica. Proširenje indeksa uključivanjem indikatora regulatornog kapaciteta i raspoloživosti podataka ojačalo bi klasifikacionu osnovu za buduća istraživanja.

Odnos između strukture naknade i investicione politike u malim sistemima zaslužuje zasebno istraživanje. Naknada za minimalni paket usluga (MPU) pokriva deo direktnih troškova, ali ne i troškove razvoja i unapređenja infrastrukture. Pitanje kako struktura naknade utiče na investicione odluke menadžera infrastrukture, na spremnost države da finansira železničku infrastrukturu i na privlačnost mreže za nove prevoznike izlazi iz okvira ove disertacije, ali predstavlja logičan nastavak.

Razvrstavanje parametara formule prema prirodi njihove vrednosti predstavlja dodatno otvoreno pitanje. Komparativna analiza struktura naknada malih sistema pokazala je da se u formulama za MPU pojavljuju parametri čija vrednost ne proizlazi iz direktnih troškova, već iz tehničkih karakteristika voznog sredstva ili iz tržišnih uslova. Sistematizacija takvih parametara prema kriterijumu troškovnog porekla (troškovni, funkcionalni, tržišni) omogućila bi preciznije razgraničenje elemenata koji pripadaju troškovnoj osnovi minimalnog paketa od onih koji spadaju u dopunske instrumente formiranja naknada. Takvi dopunski elementi mogu biti regulatorno dozvoljeni, ali metodološki ne proizlaze iz direktnih troškova.

Evropski železnički prostor počiva na pretpostavci da jedinstveni regulatorni okvir može funkcionisati na sistemima koji se razlikuju po veličini, kapacitetima i stepenu razvijenosti. Istraživanje je pokazalo da ta pretpostavka zanemaruje strukturna ograničenja malih železnica i da modeliranje naknada za korišćenje infrastrukture zahteva pristup koji ta ograničenja uvažava, a da pritom ne odstupa od regulatornih načela Evropske unije.

LITERATURA

- ACER. (2021). *Report on Distribution Tariff Methodologies in Europe*. Agency for the Cooperation of Energy Regulators.
- Andersson, M. (2007). *Fixed Effects Estimation of Marginal Railway Infrastructure Costs in Sweden*.
- Andersson, M., Smith, A., Wikberg, Å., & Wheat, P. (2012). Estimating the marginal cost of railway track renewals using corner solution models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(6), 954–964. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.02.016>
- Arnold, E. (2010). *Tools of Toys? On Specific Challenges for Modeling and the Epistemology of Models and Computer Simulations in the Social Sciences*. <https://philsci-archive.pitt.edu/5424/>
- Arrigo, U., & Di Foggia, G. (2014). Theoretical And Viable Charging Models For Railway Infrastructure Access: An European Survey. *Management Research and Practice*, 6(2), 5–24.
- Berawi, M. A., & Miraj, P. (2023). Rail liberalization for Indonesian railways: Learn from the experience of Germany and France. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 22, 100916. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100916>
- Beria, P., Quinet, E., De Rus, G., & Schulz, C. (2012). A comparison of rail liberalisation levels across four European countries. *Research in Transportation Economics*, 36(1), 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.03.014>
- Bertalanffy, L. von. (2015). *General system theory: Foundations, development, applications* (Revised edition). George Braziller, Inc.
- Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2006). *Systems engineering and analysis* (4th ed). Pearson Prentice Hall.
- Bois, J. (2025). The mismatch between regulatory ideals and practical implementation: The challenges faced by national regulatory bodies in pursuit of the single European railway area. *Journal of European Integration*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/07036337.2025.2543339>

- Bonbright, J. C. (1961). *Principles of Public Utility Rates*. Columbia University Press.
<https://doi.org/10.7312/bonb92418>
- Boston Consulting Group. (2017). *The 2017 European Railway Performance Index*. Boston Consulting Group. https://web-assets.bcg.com/img-src/BCG-The-2017-European-Railway-Performance-Index-Apr-2017-2_tcm9-152164.pdf
- Bošković, B. (2020). *Regulatorni sistem željezničkog transporta* (str. 302). Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- Bošković, B., Bugarinović, M., & Bojović, N. (2022). How to Design Track Access Charges for Small Railways – A Montenegro Case Study. *Promet - Traffic&Transportation*, 34(4), 631–642. <https://doi.org/10.7307/ptt.v34i4.4010>
- Bošković, B., Bugarinović, M., Savić, G., & Đuričić, R. (2021). Challenges of Track Access Charges Model Redesign. *Sustainability*, 13(24), 13512. <https://doi.org/10.3390/su132413512>
- Bošković, B., Nuhodžić, R., & Bugarinović, M. (2016). The Sustainability of Small Countries' Railway Sector Institutions in Liberalized Market—Case Study Montenegro. *Proceedings of the World Congress on Railway Research (WCRR)*.
- Bugarinović, M. (2014). *Modeliranje naknada za korišćenje železničke infrastrukture*. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet.
- Bugarinović, M. (2024). *Performanse i efikasnost železničkog sistema*. Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet.
- Bugarinović, M., & Bošković, B. (2015). A systems approach to access charges in unbundling railways. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 848–860. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.036>
- Bugarinović, M., & Bošković, B. (2016). Where Does Costs Coverage and Track Access Charges Structure Go After Adoption of Regulation 2015/909/EU? *Proceedings of the International Scientific-Expert Conference on Railways „RAILCON'16“*.
- Bugarinović, M., Dimitrijević, B., & Bošković, B. (2015). The missing component in rail charging modeling—Access charges principle selection. *International Transactions in Operational Research*, 22(5), 841–859. <https://doi.org/10.1111/itor.12117>

- Calvo, F., De Oña, J., López, G., Garach, L., & De Oña, R. (2013). Rail track costs management for efficient railway charges. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport*, 166(6), 325–335. <https://doi.org/10.1680/tran.11.00001>
- Carlin, B. I. (2009). Strategic Price Complexity in Retail Financial Markets. *Journal of Financial Economics*, 91(3), 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2008.05.002>
- Casanueva, C. (2025). *Differentiated track access charges based on vehicle properties: Engineering and Simplified models for its application in Sweden*. KTH Royal Institute of Technology.
- Chang, H.-H., Lu, M.-T., Huang, L.-H., Ling, H. F., & Yen, Y.-C. (2024). Assessing the diffusion of fintech innovation in financial industry: Using the rough mcdm model. *Technological and Economic Development of Economy*, 30(1), 261–286. <https://doi.org/10.3846/tede.2024.20260>
- Ciuffini, F., Ricci, S., & Sitongia, G. R. (2012). *Track access charge algorithms in EU railways: A dynamic benchmarking* (S. Lakušić, Ur.; str. 161–168). Department of Transportation, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb.
- Colliard, J.-E., Eden, L., & Georg, C.-P. (2021). Tax Complexity and Transfer Pricing Blueprints, Guidelines, and Manuals. *Tax Management International Journal*, 50(2), 76–89.
- Colliard, J.-E., & Georg, C.-P. (2025). *Measuring Regulatory Complexity* (CEPR Discussion Paper, Broj DP14377). CEPR. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3523824
- Council of the European Communities. (1991). *Council Directive 91/440/EEC of 29 July 1991 on the development of the Community's railways*. <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/440/oj>
- Crozet, Y. (2004). European railway infrastructure: Towards a convergence of infrastructure charging? *International Journal of Transport Management*, 2(1), 5–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijtm.2004.05.003>
- Dolinayova, A., & Camaj, J. (2018). *Rail Infrastructure Charges in the V4 Countries*. 917–923. <https://doi.org/10.5592/CO/CETRA.2018.908>
- ECMT (Ur.). (2005). *Railway reform & charges for the use of infrastructure*. European Conference of Ministers of Transport - ECMT: Distributed by OECD Publication Service.

- Ehrhart, U., Knabl, D., & Marschnig, S. (2024). Track Deterioration Model—State of the Art and Research Potentials. *Infrastructures*, 9(5), 86. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9050086>
- Ellison, G., & Wolitzky, A. (2012). A Search Cost Model of Obfuscation. *RAND Journal of Economics*, 43(3), 417–441. <https://doi.org/10.1111/j.1756-2171.2012.00180.x>
- Engelhardt, J. (2018). Theoretical basis for calculation of charges for access to railway infrastructure in the light of European Union law. *European Journal of Service Management*, 25, 81–89. <https://doi.org/10.18276/ejasm.2018.25-10>
- Erol, I., Oztel, A., Searcy, C., & Medeni, I. T. (2023). Selecting the most suitable blockchain platform: A case study on the healthcare industry using a novel rough MCDM framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 186, 122132. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122132>
- European Commission. (2006). *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Implementation of the First Railway Package* (COM(2006)189). European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2006:0189:FIN>
- European Commission. (2015). *Commission Implementing Regulation (EU) 2015/909 of 12 June 2015 on the modalities for the calculation of the cost that is directly incurred as a result of operating the train service (Text with EEA relevance)*. http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2015/909/oj
- European Commission. (2018). *Competitive tendering of public service contracts for rail passenger transport: Meeting the challenge – Proceedings*. Directorate-General for Mobility and Transport. https://transport.ec.europa.eu/document/download/f1a326ce-1094-4a8f-b91b-7e0a55ac71c0_en
- European Commission. (2021). *Seventh monitoring report on the development of the rail market under Article 15(4) of Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council*. European Commission. https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/market/rail-market-monitoring-rmms_en
- European Commission. (2022). *Transport in the European Union: Transport in figures – Statistical pocketbook 2022*. Publications Office of the European Union.

https://transport.ec.europa.eu/facts-funding/studies-data/eu-transport-figures-statistical-pocketbook/statistical-pocketbook-2022_en

European Commission. (2023). *Report from the Commission to the European Parliament and the Council: Eighth monitoring report on the development of the rail market under Article 15(4) of Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council.*

European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023DC0510>

European Commission. (2025a). *Commission Staff Working Document Accompanying the document Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of Directive 2012/34/EU as amended by Directive (EU) 2016/2370.*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52025SC0178>

European Commission. (2025b). *Communication from the Commission – Interpretative guidelines concerning the setting up of charges for the use of railway infrastructure. OJ C, C/2025/2606.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025XC02606>

European Parliament & Council of the European Union. (2012). *Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area (recast) Text with EEA relevance.* <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/34/oj>

European Parliament & Council of the European Union. (2001). *Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure* (Official Journal of the European Communities, Broj L 75, str. 29–46) [Directive]. European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2001/14/oj/eng>

European Parliament & Council of the European Union. (2007). *Regulation (EC) No 1370/2007 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on public passenger transport services by rail and by road.* Official Journal of the European Union, L 315. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007R1370>

European Parliament & Council of the European Union. (2016). *Regulation (EU) 2016/2338 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 amending*

Regulation (EC) No 1370/2007 concerning the opening of the market for domestic passenger transport services by rail. Official Journal of the European Union, L 354.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32016R2338>

Finger, M., & Messulam, P. (2015). Rail Economics and Regulation. U *Rail Economics, Policy and Regulation in Europe* (str. 1–21). Edward Elgar Publishing.
<https://doi.org/10.4337/9781783473335>

Franklin, F., Nemtanu, F., & Teixeira, P. F. (2013). Rail infrastructure, ITS and access charges. *Research in Transportation Economics*, 41(1), 31–42. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.10.004>

Gaudry, M., & Quinet, E. (2009). *Track wear-and-tear cost by traffic class: Functional form, zero output levels and marginal cost pricing recovery on the French rail network* [Working Paper]. HAL. <https://ideas.repec.org/p/hal/wpaper/halshs-00574977.html>

Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91–108.
<https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>

Halstead, M. H. (1977). *Elements of Software Science*. Elsevier.

Henseler, M. (2021). A Theoretical Approach to Welfare-Optimal Calculation of Direct Costs in European Rail Regulation. *Journal of Public Administration and Governance*, 11(1). <https://doi.org/10.5296/jpag.v11i1.18282>

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to operations research* (10. ed., internat. student ed). McGraw-Hill Education.

Hudenko, J. (2019). *Track access charges in freight transport*. Cambridge Scholars Publishing.

Hungarian Competition Authority (GVH). (2013). *Competition in the railway market – Contribution from Hungary* (DAF/COMP/WP2/WD(2013)35; OECD Working Party No. 2 on Competition and Regulation). Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

HŽ Infrastruktura d.o.o. (2024). *Network Statement 2024*. https://www.hzinfra.hr/wp-content/uploads/2022/12/2024_0_IOM.pdf

- IBM Global Business Services. (2011). *Rail Liberalisation Index 2011: Market opening: Comparison of the rail markets of the Member States of the European Union, Switzerland and Norway* (str. 210). https://afra.fr/wp-content/uploads/2015/08/Rail_Liberalisation_Index_2011.pdf
- Infraestruturas de Portugal S.A. (2025). *Network Statement 2025*. https://servicos.infraestruturasdeportugal.pt/sites/default/files/inline-files/Network%20Statement%202025_0.pdf
- Infrastruktura železnice Srbije a.d. (2023). *Izjava o mreži 2023: Sa jedanaestim izmenama i dopunama*. <https://infrazs.rs/>
- IRG-Rail. (2012). *Initial Review of Charging Practices in Europe*. Independent Regulators' Group – Rail.
- IRG-Rail. (2015). *Updated Review of Charging Practices in Europe*. Independent Regulators' Group – Rail.
- IRG-Rail. (2016). *An introduction to the calculation of direct costs in respect of implementing regulation 2015/909* (Charges Working Group). Independent Regulators' Group – Rail (IRG-Rail).
- IRG-Rail. (2020). *Overview of Charging Practices for the Minimum Access Package in Europe*. Independent Regulators' Group – Rail.
- IRG-Rail. (2023a). *11th Market Monitoring Report—Main Report*. Independent Regulators' Group-Rail. <https://www.irg-rail.eu>
- IRG-Rail. (2023b). *Second report on the charging principle of Article 31(7) of Directive 2012/34/EU*. Independent Regulators' Group – Rail. <https://irg-rail.eu/irg/documents/position-papers/374,2023.html>
- IRG-Rail. (2024a). *Input to Commission's assessment of Directive 2012/34/EU*. Independent Regulators' Group – Rail. <https://irg-rail.eu/irg/documents/position-papers/405,2024.html>
- IRG-Rail. (2024b). *Overview of Rail Freight Services*. Independent Regulators' Group – Rail. <https://irg-rail.eu/download/5/1074/20246IRG-RailOverviewRailFreightServices.pdf>

- Jansson, K., & Lang, H. (2013). Rail infrastructure charging EU-directive, Swedish concerns and theory. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.06.026>
- Kaiser, H. F., & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*, 34(1), 111–117. <https://doi.org/10.1177/001316447403400115>
- Kang, Z., Nash, C., Smith, A., & Wu, J. (2021). Railway access charges in China: A comparison with Europe and Japan. *Transport Policy*, 108, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.04.022>
- Kurosaki, F., & Okuda, K. (2013). *On-Rail Competition in Korea: A Comparison with Railways in Japan and Europe* (0). Eastern Asia Society for Transportation Studies. <https://doi.org/10.11175/easts.10.392>
- Langemann, D., Reisch, C., & Dierkes, J. (2018). A mathematical model of modelling – epistemology and natural sciences. *IFAC-PapersOnLine*, 51(2), 499–504. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.03.084>
- Latvijas dzelzceļš. (2023). *Network Statement 2023 of the Public-Use Railway Infrastructure*. https://www.ldz.lv/sites/default/files/LDz_Network_Statement_2023.gr_6.pdf
- Link, H. (2004). Rail infrastructure charging and on-track competition in Germany. *International Journal of Transport Management*, 2(1), 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.ijtm.2004.05.002>
- Link, H. (2012). Unbundling, public infrastructure financing and access charge regulation in the German rail sector. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 2(3), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2013.02.002>
- Link, H., Stuhlmüller, A., Haraldsson, M., Abrantes, P., Wheat, P., Iwnicki, S., Nash, C., & Smith, A. (2008). *Cost allocation Practices in the European Transport Sector* (CATRIN (Cost Allocation of TRANsport INFrastructure cost)). Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (VTI). <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A745886/FULLTEXT01.pdf>
- López-Pita, A. (2006). *Study on Infrastructure Charges of High-Speed Services in Europe: Final Report*.

- LTG Infra AB. (2023). *Public Railway Infrastructure Network Statement: Annual Working Timetable for the Year 2023-2024*. <https://ltginfra.lt/en/railway-infrastructure/map/network-statements/>
- Ljungberg, A. (2013). Impacts of increased rail infrastructure charges in Sweden. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.027>
- Macário, R., Marques, C., Teixeira, P. F., Fernández, D., Rothengatter, W., & Herry, M. (2007). *RailCalc: Calculation of Charges for the Use of Rail Infrastructure. Discussion Paper*. European Commission, Directorate General for Energy and Transport. https://transport.ec.europa.eu/document/download/808c160e-2e56-47cb-bde2-2865000dc231_en?filename=railcalc_discussion_paper_final.pdf
- Malčić, V., Bošković, B., & Bugarinović, M. (2026a). Equal Rules for Unequal Systems? Justifying Special Treatment for Small Railway System in Europe. U Ž. Stević, O. Prentkovskis, M. Kostadinović, & A. Danilevičius (Ur.), *NEW HORIZONS of Transport and Communications 2025* (str. 147–157). Springer Nature Switzerland.
- Malčić, V., Bošković, B., & Đuričić, R. (2019). Charges for Train Towing—Place of Confrontation of Regulation of Railway and Energy Sector. *Proceedings – VII International Symposium NEW HORIZONS 2019 of Transport and Communications*, 329–333.
- Malčić, V., Bošković, B., Stević, Ž., & Marinković, D. (2026b). A Rough MCDM Framework for Selecting Track Access Charge Structures in Small Railway Systems. *Tehnički vjesnik - Technical Gazette*, 33(5). Web of Science. <https://doi.org/10.17559/TV-20251228003246>
- Malčić, V., Bugarinović, M., & Đuričić, R. (2026c). The Devil Is in the Details: Comparative Insights and a Step Toward Harmonization of Infrastructure Charging Models. U Ž. Stević, O. Prentkovskis, M. Kostadinović, & A. Danilevičius (Ur.), *NEW HORIZONS of Transport and Communications 2025* (str. 158–168). Springer Nature Switzerland.
- Marschnig, S. (2016). Innovative Track Access Charges. *Transportation Research Procedia*, 14, 1884–1893. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.155>

- Montero, J. J., & Ramos Melero, R. (2022). Competitive tendering for rail track capacity: The liberalization of railway services in Spain. *Competition and Regulation in Network Industries*, 23(1), 43–59. <https://doi.org/10.1177/17835917221082510>
- Nash, C. (2005). Rail infrastructure charges in Europe. *Journal of Transport Economics and Policy*, 39(3), 259–278.
- Nash, C. (Ur.). (2017). *Handbook of research methods and applications in transport economics and policy* (Paperback edition 2017). Edward Elgar Publishing.
- Nash, C., Crozet, Y., Link, H., Nilsson, J.-E., & Smith, A. (2018). *Track access charges: Reconciling conflicting objectives* [Project Report]. Centre on Regulation in Europe (CERRE). https://cerre.eu/wp-content/uploads/2020/06/180509_CERRE_TrackAccessCharges_OverallReport_final-1.pdf
- Nash, C., Matthews, B., Link, H., Bonsall, P. W., Lindberg, G., van de Voorde, E., Ricci, A., Enei, R., & Proost, S. (2008). *GRACE (Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation): Final Activity Report* [Report]. Institute for Transport Studies, University of Leeds. <https://www.re2.uni-kiel.de/de/archiv/forschung/grace-final-report.pdf>
- National Railway Infrastructure Company. (2023). *Network Statement 2023-2024*. <https://www.rail-infra.bg/en/78>
- Nikolova, C. (2008). User charges for the railway infrastructure in Bulgaria. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(3), 487–502. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.015>
- Odolinski, K., & Nilsson, J.-E. (2017). Estimating the marginal maintenance cost of rail infrastructure usage in Sweden; does more data make a difference? *Economics of Transportation*, 10, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2017.05.001>
- Odolinski, K., Smith, A., Wheat, P., Nilsson, J.-E., & Dheilly, C. (2023). Damage or no damage from traffic: Re-examining marginal cost pricing for rail signalling maintenance. *Transport Policy*, 131, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.11.013>
- OECD/JRC (Ur.). (2008). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*.

- Olarte-Bacares, C. A., Brunel, J., & Sigaud, D. (2022). The impact of access prices on train traffic: An econometric study for France. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 16, 100679. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100679>
- Organismos Sidirodromon Ellados S.A. (2023). *Network Statement 2023*. https://ose.gr/wp-content/uploads/2023/01/OSE_2023_ENGLISH.main_.pdf
- Oxford English Dictionary. (n.d.). Structure, n. U *Oxford English Dictionary*. Oxford University Press. https://www.oed.com/dictionary/structure_n
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pamucar, D., Macura, D., Tavana, M., Božanić, D., & Knežević, N. (2022). An integrated rough group multicriteria decision-making model for the ex-ante prioritization of infrastructure projects: The Serbian Railways case. *Socio-Economic Planning Sciences*, 79, 101098. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101098>
- Peña-Alcaraz, M. (2015). *Analysis of Capacity Pricing and Allocation Mechanisms in Shared Railway Systems* [Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/99564>
- Pittman, R. W. (2003). A Note on Non-Discriminatory Access to Railroad Infrastructure. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.388382>
- PRIME. (2022). *2022 PRIME Benchmarking report* [Benchmarking report]. Platform of Rail Infrastructure Managers in Europe. https://www.sncf-reseau.com/medias-publics/2024-07/prime_external_report_2022_data_final.pdf
- Prodan, A., Teixeira, P. F., & López-Pita, A. (2013). *EU Railway Infrastructure Tariff Systems: 2005–2012 Analysis and Trends*. 13th World Conference on Transport Research (WCTR).
- Public Enterprise for Railway Infrastructure Railways of Republic of North Macedonia. (2024). *Network Statement 2024*. <https://mzi.mk/en/home/>
- RailNetEurope. (2015). *Annual Report 2015*. RailNetEurope. https://rne.eu/wp-content/uploads/2022/10/RNE_Annual_Report_2015.pdf

- Ristić, B., Stojadinović, N., & Trifunović, D. (2022). Conditions for effective on-track competition in the European passenger railway market: A yardstick for regulations. *Transport Policy*, 119, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.02.006>
- Rothengatter, W. (2003). How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport. *Transport Policy*, 10(2), 121–130. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(02\)00063-X](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(02)00063-X)
- Rotoli, F., Valeri, E., Ricci, S., Rizzetto, L., & Malavasi, G. (2018). An analysis of the railway access charges regime in the Italian context. *Transport Policy*, 64, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.01.006>
- Santos, J., Furtado, A., & Marques, R. C. (2010). Reform and regulation of the Portuguese rail sector. What has failed? *Utilities Policy*, 18(2), 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2009.12.001>
- Sayama, H. (2015). *Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems*. Open SUNY.
- Schittekatte, T., Mallapragada, D., Joskow, P. L., & Schmalensee, R. (2024). Electricity Retail Rate Design in a Decarbonizing Economy: An Analysis of Time-of-use and Critical Peak Pricing. *The Energy Journal*, 45(3), 25–56. <https://doi.org/10.5547/01956574.45.3.tsch>
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed). MIT Press.
- Slovenske železnice – Infrastruktura d.o.o. (2024). *Network Statement 2024*. <https://infrastruktura.sz.si/wp-content/uploads/2023/02/NETWORK-STATEMENT-2024.pdf>
- Smith, A., Benedetto, V., & Nash, C. (2018). The Impact of Economic Regulation on the Efficiency of European Railway Systems. *Journal of Transport Economics and Policy*, 52(2), 113–136.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Stević, Ž., Ulutaş, A., Korucuk, S., Memiş, S., Demir, E., Topal, A., & Karamasa, Ç. (2023). Supply Chain Management (SCM) Breakdowns and SCM Strategy Selection during the

- COVID-19 Pandemic Using the Novel Rough MCDM Model. *Complexity*, 2023, Article ID 3478719. <https://doi.org/10.1155/2023/3478719>
- Stojadinović, N., Ristić, B., & Trifunović, D. (2023). Can the ladder of investment approach make on-track competition sustainable in the railway market? A study of asymmetric infrastructure access charges. *Transportation Research Procedia*, 69, 679–686. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.223>
- Teixeira, P. F., Prodan, A., & López-Pita, A. (2013). *UIC Study on Railway Station and Auxiliary Charges in Europe: Final Report*.
- Thompson, L. S. (2008). Charges for the Use of Rail Infrastructure 2008. U *Railway Access Charges in the EU: Current Status and Developments Since 2004* [Report]. International Transport Forum. https://transport.ec.europa.eu/document/download/7406559a-b6ea-4a7e-a3df-04313e088575_en?filename=2008_rail_charges.pdf
- Tomeš, Z., & Jandová, M. (2018). Open access passenger rail services in Central Europe. *Research in Transportation Economics*, 72, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.10.002>
- Transport Community. (2023). *Assessment of the rail market in the Western Balkans in terms of capacities, policies, economic and technical level of development of freight and passenger transport segments* (PS/SRV/RMA/003/2020; Task 2 Report, str. 100). Transport Community Permanent Secretariat. <https://www.transport-community.org/wp-content/uploads/2024/01/Assessment-of-the-rail-market-in-the-Western-Balkans.pdf>
- Trifunović, D., Stojadinović, N., Ristić, B., & Jovanović, P. (2024). Investigating the market share convergence and welfare potentials of asymmetric train access charges for the commercial passenger rail services. *Research in Transportation Economics*, 107, 101465. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2024.101465>
- UIC. (2014a). *Infracharges: UIC study on railway infrastructure charges in Europe* (978-2-7461-2620-6; str. 1–162). International Union of Railways (UIC), Railway Technical Publications. <https://shop.uic.org/en/other-documents/1252-infracharges-uic-study-on-railway-infrastructure-charges-in-europe.html>

- UIC. (2014b). *Requirements of railway undertakings for the implementation of European rail freight corridors*. International Union of Railways (UIC), <https://uic.org/freight/uic-freight-corridors/article/requirements-of-railway-undertakings-for-the-implementation-of-european-rail>
- Ulutaş, A., Topal, A., & Ecer, F. (2025). The Alternative Prioritization and Assessment System (ALPAS) Method for Environmental Performance Evaluation. *Mathematics*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/math13203333>
- Van Vuuren, D. (2002). Optimal pricing in railway passenger transport: Theory and practice in The Netherlands. *Transport Policy*, 9(2), 95–106. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(02\)00005-7](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(02)00005-7)
- Vidaud, M., & de Tilière, G. (2010). *Railway access charge systems in Europe*. Swiss Transport Research Conference (STRC 2010). <https://www.strc.ch/2010/Vidaud.pdf>
- Walden, D. D. (Ur.). (2023). *INCOSE systems engineering handbook* (Fifth edition). John Wiley & Sons Ltd.
- WBIF. (2022). *Economic and Investment Plan Endorsed Flagship Projects*. Western Balkans Investment Framework. <https://enlargement.ec.europa.eu/system/files/2022-10/WBIF%202022%20Endorsed%20Flagship%20Projects%20Berlin%20Summit%20Nov22.pdf>
- Wheat, P., & Smith, A. (2008). Assessing the Marginal Infrastructure Maintenance Wear and Tear Costs for Britain's Railway Network. *Journal of Transport Economics and Policy*, 42(2), 189–224.
- Wheat, P., Smith, A., & Nash, C. (2009). *D8—Rail Cost Allocation for Europe* (CATRIN (Cost Allocation of TRansport INfrastructure cost)) [Version 3.0]. Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (VTI).
- World Bank. (2005). *Railway Reform in the Western Balkans* (Report 42009; Transport Unit, Infrastructure Department, Europe and Central Asia Region). World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/596211468282880617/pdf/420090ECA0West1ans0Railway01PUBLIC1.pdf>
- Zavadskas, E. K., Stević, Ž., Tanackov, I., & Prentkovskis, O. (2018). A Novel Multicriteria Approach – Rough Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis Method (R-

SWARA) and Its Application in Logistics. *Studies in Informatics and Control*, 27(1).
<https://doi.org/10.24846/v27i1y201810>

Železnice Slovenskej republiky. (2024). *Network Statement for Timetable 2023/2024*.
https://www.zsr.sk/files/dopravcovia/zeleznicna-infrastruktura/podmienky-pouzivania-zel-infrastruktury/network-statement-2024/ns_2024-1.pdf

Željeznička infrastruktura Crne Gore AD. (2023). *Izjava o mreži 2023*. <https://www.zicg.me/>

PRILOG A

Proračun Kompozitnog indeksa veličine železničkog sistema (CRSSI)

Prilog A sadrži podatke i dijagnostičke rezultate postupka dimenzionisanja Kompozitnog indeksa veličine železničkog sistema (CRSSI) za 33 evropska železnička sistema (za referentnu 2022. godinu), čija je metodologija opisana u četvrtom poglavlju. Priložene su izvorne vrednosti devet indikatora prikupljene iz harmonizovanih evropskih izvora (Prilog A.1), normalizovane vrednosti dobijene Min-Max metodom (Prilog A.2), korelaciona matrica za proveru međuzavisnosti indikatora (Prilog A.3), rezultati analize glavnih komponenti sa testovima adekvatnosti podataka, matricom opterećenja i dijagramima (Prilog A.4), raspodela vrednosti CRSSI prema kategorijama klasifikacije (Prilog A.5) i institucionalne i infrastrukturne karakteristike jedanaest sistema odabranih za komparativnu analizu struktura naknada (Prilog A.6).

Prilog A.1. Izvorne vrednosti indikatora

Tabela A.1 prikazuje izvorne vrednosti devet indikatora raspoređenih u pet dimenzija za celokupan uzorak od 33 železnička sistema. Podaci su prikupljeni iz baza Eurostat, IRG-Rail i UIC, a za zemlje Zapadnog Balkana dopunjeni podacima Transportne zajednice i pojedinačnih Izjava o mreži.

Tabela A.1. Izvorne vrednosti indikatora za 33 evropska železnička sistema (za 2022. godinu)

| # | Država | Dužina mreže I_1 (km) | Transport. rad O_1 (mil) | BDP per capita E_1 (EUR) | Investicije po km E_2 (hilj.) | Vert. separac. N_1 (0-2) | Nezav. regulat. N_2 (0-2) | Model PSO N_3 (0-1) | Zaposl. regulat. N_4 (broj) | Novi učesnici M_1 (%) |
|----|-----------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Albanija | 424 | 20.4 | 6429 | 28.7 | 0 | 0 | 0.33 | 2 | 0.000 |
| 2 | Austrija | 5693 | 36754.7 | 53314 | 527.5 | 2 | 2 | 0.33 | 9 | 0.350 |
| 3 | Belgija | 3602 | 21608.3 | 46249 | 180.0 | 2 | 2 | 0.33 | 9 | 0.450 |
| 4 | BiH | 1027 | 1315.2 | 7274 | 2.3 | 0 | 1 | 0.00 | 3 | 0.150 |
| 5 | Bugarska | 4029 | 6865.3 | 12584 | 15.8 | 2 | 2 | 0.33 | 5 | 0.155 |
| 6 | Crna Gora | 250 | 240.8 | 9876 | 35.0 | 0 | 1 | 0.33 | 2 | 0.000 |
| 7 | Danska | 2658 | 6772.0 | 69515 | 120.0 | 2 | 2 | 1.00 | 3 | 0.400 |
| 8 | Estonija | 1514 | 2466.4 | 26248 | 25.0 | 1 | 2 | 0.33 | 3 | 0.450 |
| 9 | Finska | 5544 | 13408.0 | 51624 | 60.1 | 2 | 2 | 1.00 | 3 | 0.020 |
| 10 | Francuska | 27562 | 122437.7 | 43552 | 211.3 | 2 | 2 | 0.33 | 55 | 0.300 |

*Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za
male železničke mreže*

| | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------|-------|----------|-------|--------|---|---|------|-----|-------|
| 11 | Grčka | 2345 | 1504.1 | 20646 | 42.0 | 2 | 2 | 0.33 | 3 | 0.150 |
| 12 | Holandija | 3220 | 15695.0 | 54539 | 260.0 | 2 | 2 | 1.00 | 8 | 0.550 |
| 13 | Hrvatska | 2604 | 4089.8 | 18490 | 48.6 | 1 | 2 | 0.33 | 3 | 0.250 |
| 14 | Irska | 1688 | 1828.0 | 76988 | 140.0 | 0 | 2 | 0.33 | 3 | 0.000 |
| 15 | Italija | 18414 | 66137.7 | 35802 | 334.8 | 2 | 2 | 1.00 | 180 | 0.500 |
| 16 | Letonija | 1860 | 7893.0 | 20418 | 8.4 | 1 | 2 | 0.33 | 6 | 0.450 |
| 17 | Litvanija | 1911 | 7847.2 | 22498 | 61.3 | 1 | 2 | 0.33 | 3 | 0.020 |
| 18 | Luksemburg | 271 | 565.9 | 86610 | 1001.8 | 0 | 2 | 0.33 | 2 | 0.000 |
| 19 | Mađarska | 7687 | 18963.6 | 18053 | 29.6 | 2 | 2 | 0.33 | 4 | 0.550 |
| 20 | Nemačka | 39226 | 201405.8 | 50702 | 290.6 | 2 | 2 | 1.00 | 75 | 0.550 |
| 21 | Norveška | 4114 | 7732.0 | 90701 | 150.0 | 2 | 2 | 1.00 | 6 | 0.350 |
| 22 | Poljska | 18876 | 83230.9 | 17426 | 105.0 | 2 | 2 | 0.00 | 20 | 0.550 |
| 23 | Portugalija | 2545 | 5955.0 | 24502 | 90.6 | 2 | 2 | 0.33 | 10 | 0.300 |
| 24 | Rumunija | 10628 | 18556.0 | 14875 | 43.7 | 2 | 2 | 0.33 | 4 | 0.550 |
| 25 | S. Makedonija | 699 | 332.0 | 6306 | 18.4 | 1 | 2 | 0.33 | 3 | 0.000 |
| 26 | Slovačka | 3627 | 11283.4 | 20949 | 63.3 | 2 | 2 | 0.00 | 2 | 0.400 |
| 27 | Slovenija | 1209 | 4829.2 | 29059 | 339.4 | 1 | 2 | 0.33 | 4 | 0.350 |
| 28 | Srbija | 3739 | 3013.0 | 8680 | 92.9 | 1 | 2 | 0.33 | 5 | 0.200 |
| 29 | Ujedinjeno Kraljevstvo | 15935 | 69320.0 | 46429 | 439.6 | 2 | 2 | 0.67 | 300 | 0.990 |
| 30 | Češka | 9401 | 25989.0 | 25252 | 133.9 | 2 | 2 | 0.33 | 18 | 0.450 |
| 31 | Španija | 15489 | 34670.8 | 30085 | 129.5 | 2 | 2 | 0.33 | 10 | 0.250 |
| 32 | Švajcarska | 5317 | 29071.0 | 84946 | 829.5 | 2 | 2 | 0.33 | 6 | 0.300 |
| 33 | Švedska | 10909 | 36040.0 | 59820 | 130.0 | 2 | 2 | 1.00 | 8 | 0.500 |

Prilog A.2. Normalizovane vrednosti indikatora

Primenom Min-Max normalizacije (jednačina 4.1) izvorne vrednosti svedene su na interval [0, 1].

Tabela A.2. Normalizovane vrednosti indikatora za 33 evropska železnička sistema

| # | Država | $I_{1,n}$ | $O_{1,n}$ | $E_{1,n}$ | $E_{2,n}$ | $N_{1,n}$ | $N_{2,n}$ | $N_{3,n}$ | $N_{4,n}$ | $M_{1,n}$ |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Albanija | 0.0045 | 0.0000 | 0.0015 | 0.0264 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3300 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | Austrija | 0.1397 | 0.1824 | 0.5570 | 0.5255 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0235 | 0.3535 |
| 3 | Belgija | 0.0860 | 0.1072 | 0.4733 | 0.1778 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0235 | 0.4545 |
| 4 | BiH | 0.0199 | 0.0064 | 0.0115 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5000 | 0.0000 | 0.0034 | 0.1515 |
| 5 | Bugarska | 0.0970 | 0.0340 | 0.0744 | 0.0135 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0101 | 0.1566 |
| 6 | Crna Gora | 0.0000 | 0.0011 | 0.0423 | 0.0327 | 0.0000 | 0.5000 | 0.3300 | 0.0000 | 0.0000 |
| 7 | Danska | 0.0618 | 0.0335 | 0.7490 | 0.1178 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0034 | 0.4040 |
| 8 | Estonija | 0.0324 | 0.0121 | 0.2363 | 0.0227 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0034 | 0.4545 |
| 9 | Finska | 0.1358 | 0.0665 | 0.5370 | 0.0578 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0034 | 0.0202 |
| 10 | Francuska | 0.7007 | 0.6079 | 0.4413 | 0.2091 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.1779 | 0.3030 |
| 11 | Grčka | 0.0538 | 0.0074 | 0.1699 | 0.0397 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0034 | 0.1515 |
| 12 | Holandija | 0.0762 | 0.0778 | 0.5715 | 0.2578 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0201 | 0.5556 |
| 13 | Hrvatska | 0.0604 | 0.0202 | 0.1444 | 0.0463 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0034 | 0.2525 |
| 14 | Irska | 0.0369 | 0.0090 | 0.8375 | 0.1378 | 0.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0034 | 0.0000 |
| 15 | Italija | 0.4660 | 0.3283 | 0.3495 | 0.3327 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.5973 | 0.5051 |

Modeliranje strukture naknada za korišćenje železničke infrastrukture za
male železničke mreže

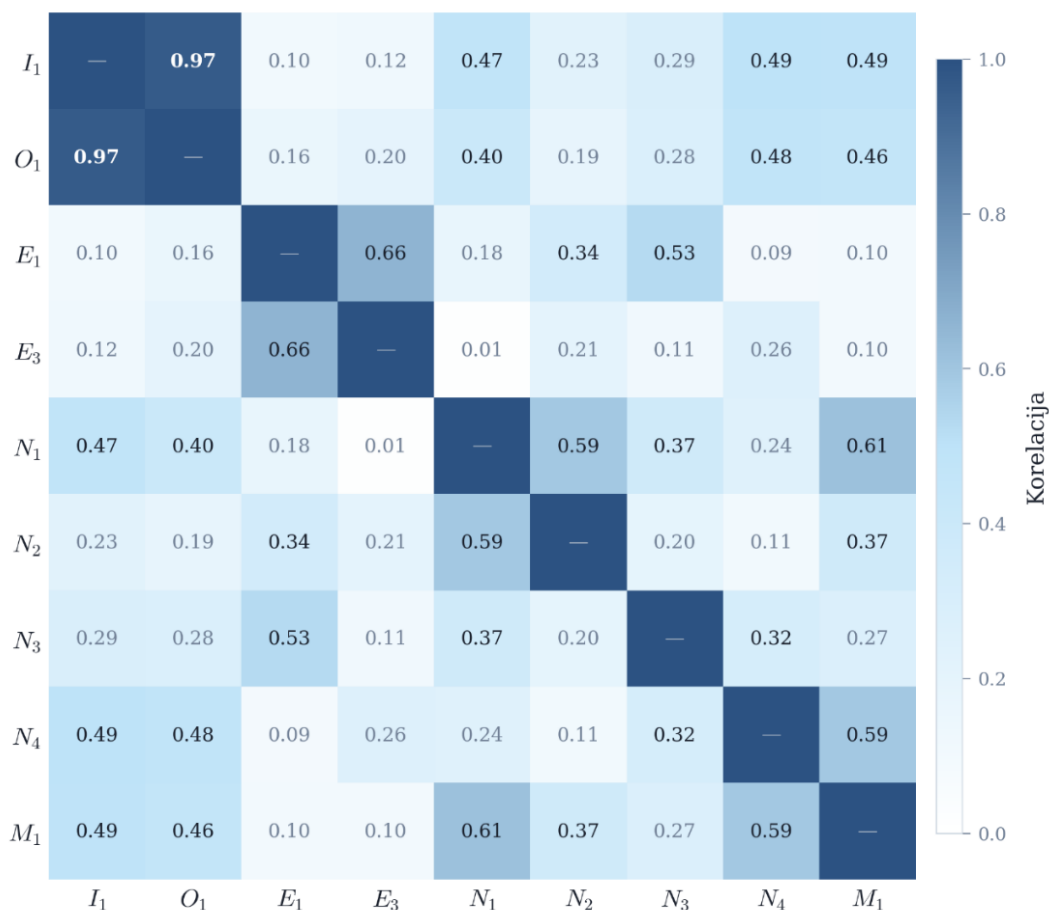
| | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 16 | Letonija | 0.0413 | 0.0391 | 0.1672 | 0.0061 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0134 | 0.4545 |
| 17 | Litvanija | 0.0426 | 0.0389 | 0.1919 | 0.0590 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0034 | 0.0202 |
| 18 | Luksemburg | 0.0005 | 0.0027 | 0.9515 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0000 | 0.0000 |
| 19 | Mađarska | 0.1908 | 0.0941 | 0.1392 | 0.0273 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0067 | 0.5556 |
| 20 | Nemačka | 1.0000 | 1.0000 | 0.5261 | 0.2884 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.2450 | 0.5556 |
| 21 | Norveška | 0.0991 | 0.0383 | 1.0000 | 0.1478 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0134 | 0.3535 |
| 22 | Poljska | 0.4779 | 0.4132 | 0.1318 | 0.1028 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0604 | 0.5556 |
| 23 | Portugalija | 0.0589 | 0.0295 | 0.2156 | 0.0883 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0268 | 0.3030 |
| 24 | Rumunija | 0.2663 | 0.0920 | 0.1015 | 0.0414 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0067 | 0.5556 |
| 25 | S. Makedonija | 0.0115 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0161 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0034 | 0.0000 |
| 26 | Slovačka | 0.0866 | 0.0559 | 0.1735 | 0.0610 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4040 |
| 27 | Slovenija | 0.0246 | 0.0239 | 0.2696 | 0.3373 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0067 | 0.3535 |
| 28 | Srbija | 0.0895 | 0.0149 | 0.0281 | 0.0906 | 0.5000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0101 | 0.2020 |
| 29 | Ujedinjeno Kraljevstvo | 0.4024 | 0.3441 | 0.4754 | 0.4375 | 1.0000 | 1.0000 | 0.6700 | 1.0000 | 1.0000 |
| 30 | Češka | 0.2348 | 0.1289 | 0.2245 | 0.1317 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0537 | 0.4545 |
| 31 | Španija | 0.3910 | 0.1721 | 0.2818 | 0.1273 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0268 | 0.2525 |
| 32 | Švajcarska | 0.1300 | 0.1443 | 0.9318 | 0.8276 | 1.0000 | 1.0000 | 0.3300 | 0.0134 | 0.3030 |
| 33 | Švedska | 0.2735 | 0.1789 | 0.6341 | 0.1278 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0201 | 0.5051 |

Prilog A.3. Korelaciona matrica indikatora

Korelaciona analiza sprovedena je na normalizovanim vrednostima radi utvrđivanja stepena međusobne povezanosti indikatora pre agregacije u indeks.

Tabela A.3. Korelaciona matrica za 9 indikatora CRSSI

| | I_1 | O_1 | E_1 | E_2 | N_1 | N_2 | N_3 | N_4 | M_1 |
|---------------------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dužina mreže, I_1 | 1.000 | 0.967 | 0.103 | 0.120 | 0.474 | 0.227 | 0.293 | 0.494 | 0.485 |
| Transportni rad, O_1 | 0.967 | 1.000 | 0.156 | 0.199 | 0.403 | 0.186 | 0.284 | 0.476 | 0.457 |
| BDP per capita, E_1 | 0.103 | 0.156 | 1.000 | 0.659 | 0.178 | 0.344 | 0.529 | 0.092 | 0.101 |
| Investicije po km, E_2 | 0.120 | 0.199 | 0.659 | 1.000 | 0.014 | 0.207 | 0.114 | 0.256 | 0.099 |
| Vert. separacija, N_1 | 0.474 | 0.403 | 0.178 | 0.014 | 1.000 | 0.592 | 0.365 | 0.242 | 0.614 |
| Nezav. regulatora, N_2 | 0.227 | 0.186 | 0.344 | 0.207 | 0.592 | 1.000 | 0.199 | 0.107 | 0.370 |
| Model PSO, N_3 | 0.293 | 0.284 | 0.529 | 0.114 | 0.365 | 0.199 | 1.000 | 0.317 | 0.270 |
| Zaposl. regulatora, N_4 | 0.494 | 0.476 | 0.092 | 0.256 | 0.242 | 0.107 | 0.317 | 1.000 | 0.590 |
| Novi učesnici, M_1 | 0.485 | 0.457 | 0.101 | 0.099 | 0.614 | 0.370 | 0.270 | 0.590 | 1.000 |



Slika A.3. Korelaciona matrica indikatora CRSSI (heatmapa)

Prilog A.4. Rezultati analize glavnih komponenti (PCA)

PCA analiza primenjena je u svrhu provere dimenzionalne strukture skupa indikatora. Prikazani su testovi adekvatnosti podataka (tabele A.4a i A.4b), rezultati ekstrakcije komponenti sa sopstvenim vrednostima (tabela A.4c i slika A.4a) i matrica opterećenja za tri komponente sa eigenvalue iznad 1 (tabela A.4d i slika A.4b).

Tabela A.4a. Testovi adekvatnosti podataka za PCA

| Mera | Vrednost |
|-------------------------------|----------|
| KMO mera adekvatnosti uzorka | 0,584 |
| Bartletov test sferičnosti | |
| Približna Hi-kvadrat vrednost | 181,70 |
| Stepeni slobode (df) | 36 |
| Značajnost (p) | < 0,001 |

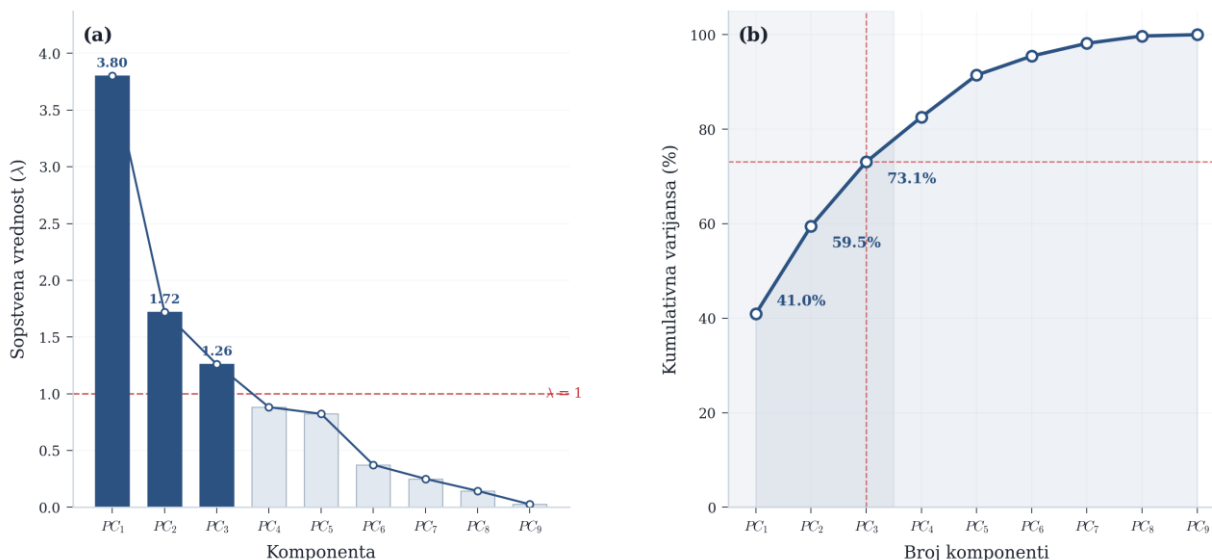
Tabela A.4b. KMO mera adekvatnosti po indikatoru

| Indikator | KMO |
|---------------------------|-------|
| Dužina mreže, I_1 | 0,620 |
| Transportni rad, O_1 | 0,618 |
| BDP per capita, E_1 | 0,455 |
| Investicije po km, E_2 | 0,396 |
| Vert. separacija, N_1 | 0,662 |
| Nezav. regulatora, N_2 | 0,708 |
| Model PSO, N_3 | 0,480 |
| Zaposl. regulatora, N_4 | 0,577 |
| Novi učesnici, M_1 | 0,713 |

Tabela A.4c. Rezultati ekstrakcije glavnih komponenti

| Komponenta | Sopstvena vrednost | % varijanse | Kumulativno (%) |
|------------|--------------------|-------------|-----------------|
| PC1 | 3,8019 | 41,0 | 41,0 |
| PC2 | 1,7195 | 18,5 | 59,5 |
| PC3 | 1,2603 | 13,6 | 73,1 |
| PC4 | 0,8821 | 9,5 | 82,6 |
| PC5 | 0,8233 | 8,9 | 91,4 |
| PC6 | 0,3741 | 4,0 | 95,5 |
| PC7 | 0,2503 | 2,7 | 98,2 |
| PC8 | 0,1440 | 1,6 | 99,7 |
| PC9 | 0,0258 | 0,3 | 100,0 |

KMO = 0,584 | Bartletov test: $p < 0,001$

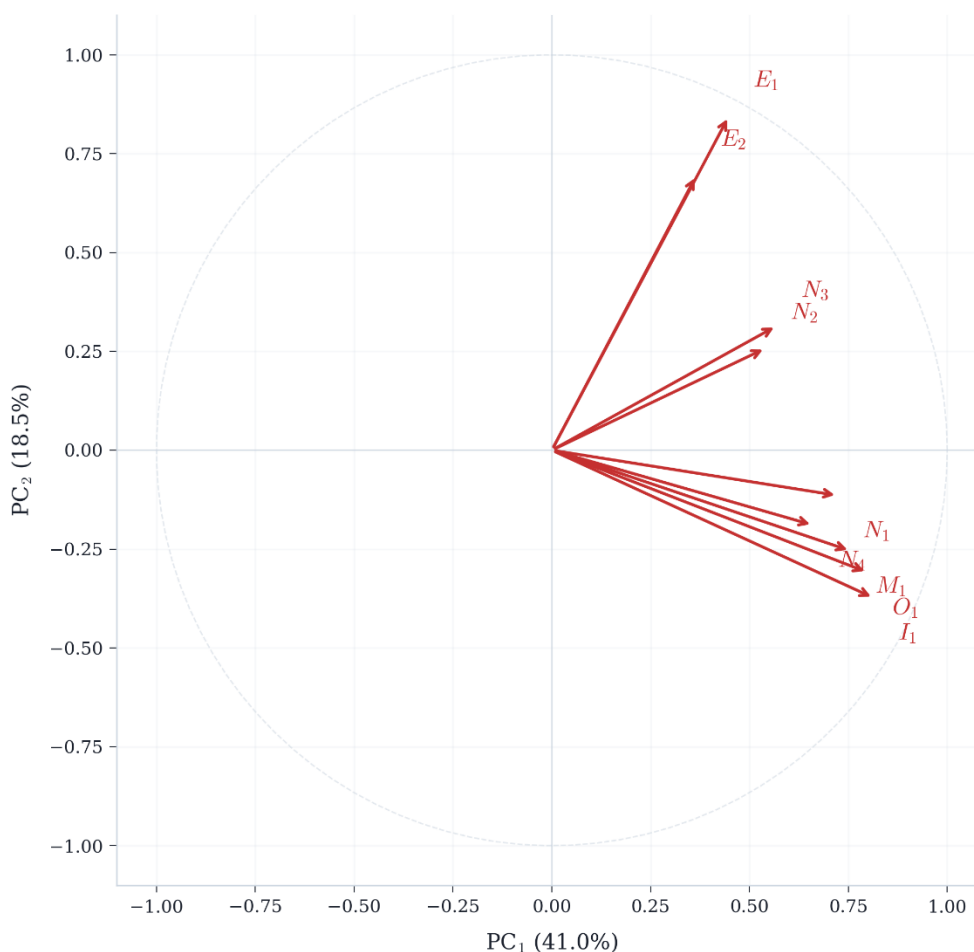


Slika A.4a. Scree dijagram sopstvenih vrednosti

Tabela A.4d. Matrica opterećenja komponenti (loadings)

| Indikator | PC1 | PC2 | PC3 |
|---------------------------|--------|---------|---------|
| Dužina mreže, I_1 | 0,8163 | -0,3745 | -0,2692 |
| Transportni rad, O_1 | 0,8002 | -0,3096 | -0,3545 |
| BDP per capita, E_1 | 0,4486 | 0,8465 | -0,0794 |
| Investicije po km, E_2 | 0,3666 | 0,6971 | -0,3902 |
| Vert. separacija, N_1 | 0,7255 | -0,1149 | 0,5730 |
| Nezav. regulatora, N_2 | 0,5429 | 0,2589 | 0,6376 |
| Model PSO, N_3 | 0,5705 | 0,3155 | 0,0287 |
| Zaposl. regulatora, N_4 | 0,6629 | -0,1900 | -0,3628 |
| Novi učesnici, M_1 | 0,7573 | -0,2551 | 0,1905 |

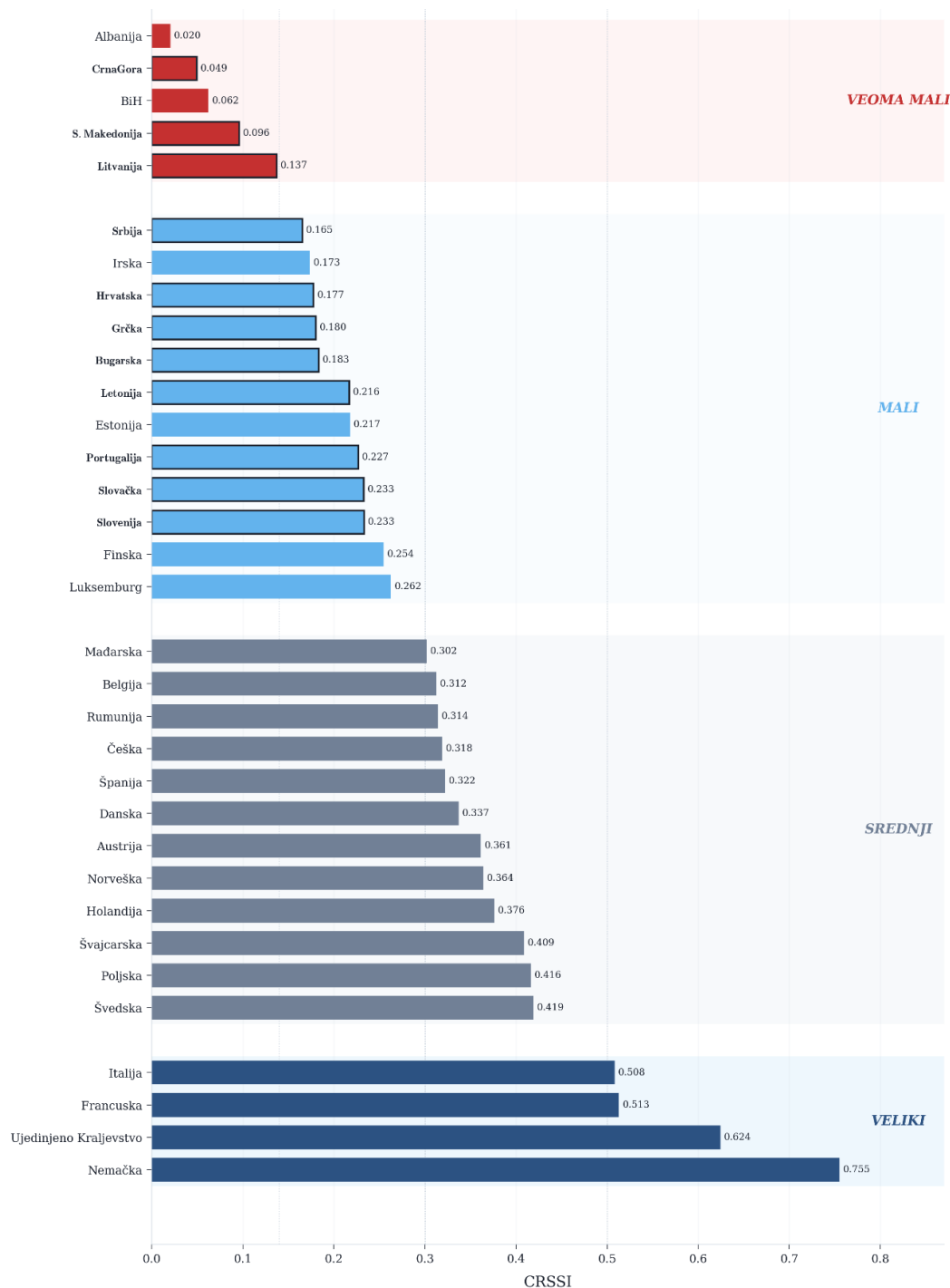
Napomena: Prikazane su tri komponente sa eigenvalue > 1. Opterećenja sa $|\text{loading}| > 0,50$ smatraju se dominantnima.



Slika A.4b. Biplot dijagram ($PC1 \times PC2$)

Prilog A.5. Raspodela vrednosti CRSSI prema kategorijama klasifikacije

Slika A.5 prikazuje vrednosti Kompozitnog indeksa veličine železničkog sistema za 33 evropska železnička sistema, rangirane od najmanje do najveće, sa pripadnošću kategorijama klasifikacije prema pragovima utvrđenim klaster analizom (veoma mali: CRSSI < 0,14; mali: 0,14–0,29; srednji: 0,30–0,49; veliki: ≥ 0,50).



Slika A.5. Raspodela vrednosti CRSSI za 33 evropska železnička sistema prema kategorijama klasifikacije

Prilog A.6. Karakteristike selektovanih sistema

Na osnovu klasifikacije železničkih sistema prema vrednostima CRSSI i primenom četiri kriterijuma izbora odabrano je jedanaest sistema iz kategorija „mali” i „veoma mali” za komparativnu analizu struktura naknada.

Tabela A.6. Institucionalne i infrastrukturne karakteristike selektovanih sistema

| Država | Menadžer infrastrukture | Kolosek (mm) | Elektr. (%) | TEN-T koridor | EU status | Kategorija | CRSSI |
|---------------|-------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------|--------|
| Slovenija | SŽ-Infrastruktura | 1.435 | 50% | Mediterranean, Baltic-Adriatic | Članica | Mali | 0,2329 |
| Slovačka | ŽSR | 1.435 | 43% | Rhine-Danube, Baltic-Adriatic | Članica | Mali | 0,2328 |
| Portugalija | IP SA | 1.668 | 60% | Atlantic | Članica | Mali | 0,2265 |
| Letonija | LDZ | 1.520 | 13% | North Sea-Baltic | Članica | Mali | 0,2165 |
| Bugarska | NRIC | 1.435 | 68% | Orient/East-Med | Članica | Mali | 0,1833 |
| Grčka | OSE | 1.435 | 55% | Orient/East-Med | Članica | Mali | 0,1802 |
| Hrvatska | HŽ Infrastruktura | 1.435 | 36% | Mediterranean, Rhine-Danube | Članica | Mali | 0,1774 |
| Srbija | IZS | 1.435 | 34% | Orient/East-Med, Rhine-Danube | Kandidat | Mali | 0,1652 |
| Litvanija | LTG Infra | 1.520 | 8% | North Sea-Baltic | Članica | Veoma mali | 0,1371 |
| S. Makedonija | ŽRSM Infrastruktura | 1.435 | 33% | Koridor X, VIII | Kandidat | Veoma mali | 0,0959 |
| Crna Gora | ŽICG | 1.435 | 90% | Orient/East-Med (produžetak) | Kandidat | Veoma mali | 0,0492 |

Izvor: sistematizacija autora na osnovu Izjava o mreži, Eurostat i nacionalnih izvora za 2022. godinu.

PRILOG B

Vrednovanje tipa strukture naknade metodama R-SWARA i R-ALPAS

Prilog sadrži podatke o primeni dve metode višekriterijumskog odlučivanja za vrednovanje tipa strukture naknade. Postupak obe metode sa pratećim jednačinama opisan je u pododeljku 7.2.2. Prilog B.1 prikazuje predloženu skalu za procenu relativnog značaja, formule za proračun težinskih koeficijenata metodom postupnog vrednovanja odnosa težina zasnovanom na grubim brojevima (*Rough Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*, R-SWARA), razvijenom u radu Zavadskas i dr. (2018), i individualne ekspertske procene. Prilog B.2 prikazuje međumatrice proračuna sistemom za procenu i određivanje prioriteta alternativa zasnovanim na grubim brojevima (*Rough Alternative Prioritisation and Assessment System*, R-ALPAS), razvijenom u radu Malčić i dr. (2026b), sa numeričkim primerima za odabrane elemente. Prilog B.3 sadrži analizu osetljivosti rezultata. Kriterijumi (C1–C8), alternative (A1–A4) i konačni rezultati definisani su u odeljku o potvrdi izbora tipa strukture naknade.

Prilog B.1. Određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma metodom R-SWARA

Težinski koeficijenti kriterijuma određeni su metodom R-SWARA prema postupku opisanom u pododeljku 7.2.2. Za izražavanje relativnog značaja predložena je skala sa devet nivoa (tabela B.1a).

Tabela B.1a. Skala za procenu relativnog značaja kriterijuma

| Nivo značaja | Vrednost |
|---------------------------|----------|
| dominantan (D) | 1,0 |
| izuzetno značajan (IZ) | 1,5 |
| veoma značajan (VZ) | 2,0 |
| značajan (Z) | 2,5 |
| srednje značajan (SD) | 3,0 |
| malo značajan (MZ) | 3,5 |
| veoma malo značajan (VMZ) | 4,0 |
| skoro nebitan (SN) | 4,5 |
| nebitan (N) | 5,0 |

Procene četrnaest eksperata (tabela B.1b) transformisane su u grube brojeve primenom postupka agregacije zasnovanog na teoriji grubih skupova (Zavadskas i dr., 2018). Na osnovu agregiranih vrednosti komparativnog značaja $RN(S_j) = [s_j^L, s_j^U]$, težinski koeficijenti proračunati su na sledeći način:

$$RN(K_j) = [k_j^L, k_j^U] = [s_j^L + 1, s_j^U + 1], \quad j = 2, 3, \dots, n; \quad RN(K_1) = [1, 1]$$

$$RN(Q_j) = [q_j^L, q_j^U] = \left[\frac{q_{j-1}^L}{k_j^U}, \frac{q_{j-1}^U}{k_j^L} \right], \quad j > 1; \quad RN(Q_1) = [1, 1]$$

$$RN(W_j) = [w_j^L, w_j^U] = \frac{[q_j^L, q_j^U]}{\sum_{j=1}^n [q_j^L, q_j^U]}$$

Tabela B.1b. Individualne ekspertske procene relativnog značaja kriterijuma

| Kriterijum | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 | E13 | E14 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| C1 | 2 | 1.5 | 2 | 1.5 | 3.5 | 1.5 | 2.5 | 2 | 1.5 | 3 | 2 | 3 | 1.5 | 2.5 |
| C2 | 2.5 | 2 | 3.5 | 2 | 1.5 | 3 | 3 | 1.5 | 3 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 3 |
| C3 | 2.5 | 2.5 | 1 | 4.5 | 1.5 | 3 | 3 | 1 | 2.5 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| C4 | 3 | 2 | 2 | 1.5 | 3.5 | 2 | 4.5 | 4.5 | 2 | 1.5 | 2.5 | 3 | 2 | 1 |
| C5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 |
| C6 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3.5 | 3 | 1.5 | 2.5 | 1.5 |
| C7 | 3 | 3 | 2 | 2.5 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 3.5 | 2.5 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| C8 | 1.5 | 2 | 2 | 1 | 3.5 | 2 | 4 | 4 | 1.5 | 3 | 1.5 | 3 | 3.5 | 4.5 |

Prilog B.2. Međumatrice proračuna metodom R-ALPAS

Rangiranje alternativa sprovedeno je metodom R-ALPAS (Malčić i dr., 2026b) prema postupku opisanom u pododeljku 7.2.2 (jednačine (7.1)–(7.16)). U nastavku su prikazane međumatrice proračuna sa numeričkim primerima za odabrane elemente.

Tabela B.2a prikazuje inicijalnu matricu odlučivanja u formi grubih brojeva, formiranu agregacijom ekspertskih procena četrnaest stručnjaka.

Tabela B.2a. Inicijalna matrica odlučivanja u formi grubih brojeva

| A _{ij} | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| A1 | [3.39,5.48] | [2.74,5.06] | [3.53,5.43] | [3.33,5.31] | [3.39,5.37] | [3.25,5.67] | [3.15,4.79] | [6.44, 8.2] |
| A2 | [5.01,6.96] | [3.47,6.75] | [4.85,6.8] | [4.19,6.57] | [4.51,6.91] | [4.52,6.31] | [4.67,6.37] | [5.83,7.32] |
| A3 | [4.97,7.03] | [4.88,7.44] | [5.55,7.56] | [4.57,6.61] | [4.85,7.4] | [5.26,7.33] | [4.89,8.02] | [4.44,5.65] |
| A4 | [6.14,7.85] | [6.23,8.21] | [5.44,7.25] | [5.75,7.91] | [6.59,7.93] | [6.14,7.95] | [5.42,7.83] | [3.69,5.48] |

Normalizacija je sprovedena prema jednačini (7.1) jer su svi kriterijumi (C1–C8) tipa max (BN, *benefit*). Primer normalizacije za element A1-C1:

$$RN(d_{11}) = \frac{RN(A_{11})}{RN(B_1)} = \left[\frac{3,39}{7,85}; \frac{5,48}{6,14} \right] = [0,432; 0,893]$$

Rezultati normalizacije za sve elemente dati su u tabeli B.2b.

Tabela B.2b. Normalizovana matrica

| D _{ij} | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| A1 | [0.43,0.89] | [0.33,0.81] | [0.47,0.98] | [0.42,0.92] | [0.43,0.81] | [0.41,0.92] | [0.39,0.88] | [0.79,1.27] |
| A2 | [0.64,1.13] | [0.42,1.08] | [0.64,1.23] | [0.53,1.14] | [0.57,1.05] | [0.57,1.03] | [0.58,1.18] | [0.71,1.14] |
| A3 | [0.63,1.14] | [0.59,1.19] | [0.73,1.36] | [0.58,1.15] | [0.61,1.12] | [0.66,1.19] | [0.61,1.48] | [0.54,0.88] |
| A4 | [0.78,1.28] | [0.76,1.32] | [0.72,1.31] | [0.73,1.38] | [0.83,1.2] | [0.77,1.29] | [0.68,1.44] | [0.45,0.85] |

Ponderisana matrica dobijena je množenjem normalizovanih vrednosti sa težinskim koeficijentima prema jednačini (7.3), nakon čega su određena idealna i anti-idealna rešenja prema jednačinama (7.4) i (7.5). Rezultati su prikazani u tabeli B.2c. Primer ponderisanja za element A1-C1:

$$RN(e_{11}) = RN(d_{11}) \cdot RN(w_1) = [0,432; 0,893] \cdot [0,156; 0,375] = [0,067; 0,335]$$

Tabela B.2c. Ponderisana matrica sa idealnim i anti-idealnim rešenjem

| E _{ij} | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|
| A1 | [0.07,0.33] | [0,0.04] | [0.01,0.17] | [0,0.07] | [0.15,0.46] | [0.03,0.24] | [0,0.1] | [0,0.04] |
| A2 | [0.1,0.43] | [0,0.05] | [0.02,0.21] | [0,0.08] | [0.2,0.59] | [0.04,0.27] | [0.01,0.13] | [0,0.03] |
| A3 | [0.1,0.43] | [0,0.05] | [0.02,0.23] | [0,0.08] | [0.21,0.63] | [0.04,0.31] | [0.01,0.16] | [0,0.03] |
| A4 | [0.12,0.48] | [0,0.06] | [0.02,0.22] | [0,0.1] | [0.29,0.68] | [0.05,0.34] | [0.01,0.16] | [0,0.02] |
| ID _j | [0.12,0.48] | [0,0.06] | [0.02,0.23] | [0,0.1] | [0.29,0.68] | [0.05,0.34] | [0.01,0.16] | [0,0.04] |
| AID _j | [0.07,0.33] | [0,0.04] | [0.01,0.17] | [0,0.07] | [0.15,0.46] | [0.03,0.24] | [0,0.1] | [0,0.02] |

Koeficijent korisnosti svake alternative proračunat je prema jednačinama (7.6)–(7.12). Svi elementi ponderisane matrice, idealnog i anti-idealnog rešenja uvećani su za 1. Na osnovu

transformisanih matrica proračunate su matrice $RN(G_{ij})$ i $RN(H_{ij})$, a njihovom razlikom dobijena je matrica $RN(K_{ij})$. Primer proračuna za A1-C1:

$$RN(f_{11}) = [0,067; 0,335] + 1 = [1,067; 1,335]$$

$$RN(ID'_1) = [0,122; 0,479] + 1 = [1,122; 1,479]$$

$$RN(AID'_1) = [0,067; 0,335] + 1 = [1,067; 1,335]$$

$$RN(g_{11}) = \left[\frac{f_{11}^L}{id_1^{U'}}, \frac{f_{11}^U}{id_1^{L'}} \right] = \left[\frac{1,067}{1,479}, \frac{1,335}{1,122} \right] = [0,721; 1,190]$$

$$RN(h_{11}) = \left[\frac{aid_1^{L'}}{f_{11}^U}, \frac{aid_1^{U'}}{f_{11}^L} \right] = \left[\frac{1,067}{1,335}, \frac{1,335}{1,067} \right] = [0,800; 1,251]$$

$$RN(k_{11}) = [g_{11}^L - h_{11}^U, g_{11}^U - h_{11}^L] = [0,721 - 1,251; 1,190 - 0,800] = [-0,529; 0,390]$$

Pri oduzimanju grubih intervala granice se ukrštaju ($[a - d; b - c]$), pa koeficijent K može imati negativnu donju granicu. Zbir po svim kriterijumima za alternativu A1:

$$RN(L_1) = \sum_{j=1}^8 RN(K_{1j})$$

$$x^L: -0,529 + (-0,091) + (-0,333) + (-0,153) + (-0,587) + (-0,440) + (-0,229) + (-0,059) = -2,422$$

$$x^U: 0,390 + 0,069 + 0,278 + 0,124 + 0,347 + 0,352 + 0,174 + 0,072 = 1,806$$

$$RN(L_1) = [-2,422; 1,806]$$

Kombinovana snaga proračunata je prema jednačinama (7.13)–(7.15) sa koeficijentima $\alpha = \beta = 0,5$. Za alternativu A1:

$$RN(M_1) = \sum RN(F_{1j}) = [8,263; 9,441]$$

$$RN(N_1) = \prod RN(F_{1j}) = [1,032; 1,172]$$

$$RN(P_1) = 0,5 \cdot [8,263; 9,441] + 0,5 \cdot [1,032; 1,172] = [4,647; 5,306]$$

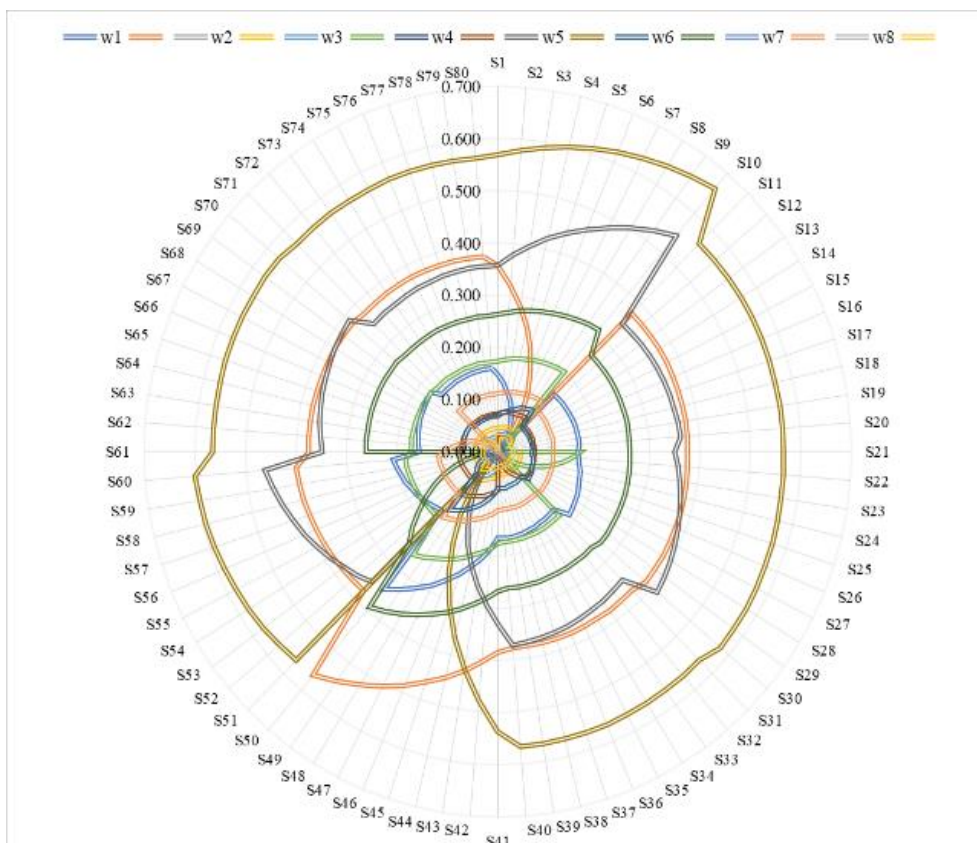
Konačna vrednost alternative dobijena je prema jednačini (7.16) sa $\alpha = \beta = 0,5$:

$$RN(T_1) = 0,5 \cdot [-2,422; 1,806] + 0,5 \cdot [4,647; 5,306] = [1,113; 3,556]$$

Konačne vrednosti i rangiranje svih alternativa prikazani su u tabeli 7.4.

Prilog B.3. Analiza osetljivosti rezultata

Analiza osetljivosti sprovedena je kroz osamdeset scenarija u kojima su varirane vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma. Novi koeficijenti definisani su sistematskom promenom vrednosti svakog kriterijuma uz proporcionalno prilagođavanje ostalih, čime se simuliraju moguće promene tržišnih uslova i prioriteta aktera. Slika B.3 prikazuje raspodelu vrednosti koeficijenata po scenarijima.



Slika B.3. Raspodela vrednosti težinskih koeficijenata u osamdeset scenarija analize osetljivosti

Rezultati pokazuju potpunu stabilnost ranga alternativa ($A4 > A3 > A2 > A1$) u svih osamdeset scenarija, nezavisno od varijacije težinskih koeficijenata.

POPIS POJMOVA

Bruto-tonski kilometar (*gross tonne-kilometre*) je jedinica mere koja izražava kretanje jedne bruto tone (uključujući masu voza, tereta i vučnog vozila) na udaljenosti od jednog kilometra. U strukturi naknade koristi se kao osnova za obračun komponente habanja.

Deonica (*section*) je deo pruge sa homogenim tehničkim karakteristikama (kategorija, dopuštena brzina, vrsta vuče) koji se u strukturi naknade posmatra kao osnovna prostorna jedinica za raspodelu troškova i obračun naknade.

Diferencijacija naknade (*charge differentiation*) označava stepen u kojem struktura naknade razlikuje visinu naknade prema karakteristikama korišćenja infrastrukture (kategorija pruge, masa voza, vrsta voza, vreme korišćenja i dr.). Ostvaruje se kroz koeficijente, tabelarno diferencirane jedinične cene ili razdvajanje na komponente.

Direktiva (*directive*) je pravni akt Evropske unije koji obavezuje države članice u pogledu cilja koji treba ostvariti, ali je u nadležnosti država da odaberu način postizanja tog cilja. Referentni akt za oblast naknada je Direktiva 2012/34/EU o uspostavljanju jedinstvenog evropskog železničkog prostora.

Direktni troškovi (*direct costs*) za pojedinačno kretanje voza čine troškovi regulisanja saobraćaja i troškovi održavanja infrastrukture nastali provozom tog voza. Prema članu 31 Direktive 2012/34/EU, naknada za minimalni paket usluga zasniva se na direktnim troškovima korišćenja infrastrukture.

Dodela kapaciteta (*capacity allocation*) je postupak kojim menadžer infrastrukture raspodeljuje raspoložive trase železničkim prevoznicima na osnovu podnetih zahteva, u skladu sa pravilima utvrđenim u Izjavi o mreži. Postupak obuhvata prijem zahteva, koordinaciju, rešavanje konflikata i potvrdu dodeljenih trasa.

Državna pomoć (*state aid*) je svaki javni rashod ili umanjeње javnog prihoda kojim korisnik stiče povoljniji položaj na tržištu u odnosu na konkurente. U železničkom sektoru obuhvata finansiranje infrastrukture, kompenzacije za obavezu javnog prevoza i subvencije za modernizaciju.

Eksterni troškovi (*external costs*) su troškovi koje uzrokuju korisnici infrastrukture, ali koje ne snose neposredno (troškovi buke, vibracija, zagađenja vazduha i zagušenja). Prema Direktivi 2012/34/EU, naknade mogu uključivati ove troškove pod uslovom da je slična naplata uvedena i u drumskom saobraćaju.

Element strukture naknade (*charging element*) je pojedinačna veličina koja ulazi u obračun naknade, kao što su dužina trase, masa voza, kategorija pruge ili tip voza. U formuli elementi se pojavljuju kao varijable, parametri u funkciji koeficijenata, diferencirajući elementi ili činioći složenih varijabli.

Fiksni troškovi (*fixed costs*) su troškovi koji se ne menjaju sa promenom obima saobraćaja.

U železničkoj infrastrukturi obuhvataju troškove koji nastaju nezavisno od broja vozova na mreži (amortizacija, osiguranje, administrativni troškovi upravljanja mrežom i dr.).

Habanje infrastrukture (*wear and tear*, srp. „habanje i oštećenje”) je pojam kojim se u literaturi, zakonskim i podzakonskim aktima označava ukupnost mehaničkih dejstava i njihovih posledica koje kretanje jednog voza prouzrokuje na elementima železničke infrastrukture. Pojam je formalno uveden u regulatorni okvir EU Implementacionom uredbom (EU) 2015/909, kojom je konkretizovana odredba člana 31. stava 3. Direktive 2012/34/EU o trošku koji neposredno nastaje obavljanjem železničke usluge. Engleski izraz *wear and tear* prevodi se doslovno kao „habanje i oštećenje”. U disertaciji se koristi skraćeni termin „habanje” u istom značenju kao puni termin (habanje i oštećenje), preuzet iz „Uredbe o načinu i modalitetima izračunavanja troškova koji su nastali kao direktan rezultat saobraćanja voza” („Službeni glasnik RS”, br. 48 od 5. jula 2019. i br. 149 od 11. decembra 2020.), a koji je uobičajen i u naučnoj literaturi. Razlikuje se od šireg pojma „propadanja infrastrukture” (*deterioration*), koji u opštem građevinskom smislu, pored habanja, obuhvata i procese degradacije infrastrukture nezavisne od saobraćaja vozova, među kojima su vremensko starenje, atmosferski uticaji i oštećenja koja ne potiču od saobraćajnog opterećenja, te kao takav ostaje izvan obuhvata direktnih troškova.

Indeks veličine železničkog sistema (*Composite Railway System Size Index*) je kompozitni indeks razvijen za potrebe klasifikacije evropskih železničkih sistema prema kapacitetu za primenu regulatornog okvira naknada. Obuhvata pet dimenzija (infrastrukturnu, operativnu, ekonomsku, institucionalnu i tržišnu) sa devet indikatora.

Infrastruktura (*infrastructure*) obuhvata železničke koloseke, objekte na pruzi (tuneli, mostovi), pripadajuću infrastrukturu u službenim mestima (peroni, područja pristupa) i noseću i zaštitnu opremu (signali, telekomunikaciona oprema, kontaktna mreža, podstanice). Predstavlja kapitalno dobro koje zahteva velika ulaganja u izgradnju i održavanje.

Interoperabilnost (*interoperability*) je tehnička i operativna usklađenost železničkih sistema na evropskoj mreži koja omogućava slobodno kretanje vozova preko nacionalnih granica bez tehničkih, administrativnih i bezbednosnih prepreka. Obuhvata usklađenost infrastrukture, voznih sredstava i signalnih sistema sa tehničkim specifikacijama za interoperabilnost (TSI).

Izjava o mreži (*network statement*) je dokument menadžera infrastrukture kojim se utvrđuju pravila, rokovi, procedure i kriterijumi za dodelu kapaciteta i obračun naknada, kao i tehničke i druge informacije potrebne železničkom prevozniku za pristup kapacitetima železničke infrastrukture.

Jedinična cena (*unit price, unit rate*) je novčani iznos koji se naplaćuje po jedinici mere korišćenja infrastrukture (po voznom kilometru, bruto-tonskom kilometru ili po trasi). U formuli strukture naknade jedinična cena predstavlja parametar koji se množi sa odgovarajućom merom korišćenja.

Kapacitet železničke infrastrukture (*railway infrastructure capacity*) označava broj trasa vozova koje je moguće rasporediti na određenom delu javne železničke infrastrukture tokom posmatranog perioda, pri čemu je trasa jedinična mera. Pojam se razgraničava od tehničko-inženjerskog pojma „propusne moći pruge” (*line capacity*), koji označava maksimalan broj vozova koje deonica može propustiti pri zadatim uslovima saobraćaja, kao i od pojma „prevozne moći” (*transport capacity*), koji označava ukupnu količinu ostvarenog prevoza izraženu u putničkim ili tonskim kilometrima. U strukturi naknade za minimalni paket usluga kapacitet predstavlja mernu osnovu prema kojoj se obračunava deo troškova povezan sa dodelom i upotrebom infrastrukture.

Kapacitet železničkog sistema (*railway system capacity*) označava kapacitet u širem, sistemskom smislu, kao sposobnost svih aktera u železničkom sistemu, prevashodno države, regulatornog tela i menadžera infrastrukture, da primene regulatorni okvir naknada za korišćenje železničke infrastrukture. U disertaciji se sagledava kroz Indeks veličine železničkog sistema (CRSSI) i služi kao osnov za klasifikaciju sistema na velike, srednje i male, odnosno za diferencirani pristup oblikovanju modela naknada. Iz ovog pojma izvedeni su pojmovi organizacioni kapacitet (*organizational capacity*), administrativni kapacitet (*administrative capacity*) i regulatorni kapacitet (*regulatory capacity*), kojima se označavaju pojedine dimenzije kapaciteta sistema.

Koeficijent korekcije (*correction coefficient*) je bezdimenzionalni parametar u formuli za proračun naknade koji prilagođava iznos naknade prema karakteristikama korišćenja infrastrukture koje nisu obuhvaćene mernom osnovom komponente. U predloženom modelu primenjuju se koeficijent zauzeća kapaciteta (k_z) i koeficijent kvaliteta pruge (k_k).

Komponenta strukture naknade (*charging component*) je funkcionalno izdvojena celina strukture naknade koja grupiše jedan ili više elemenata prema zajedničkoj troškovnoj funkciji. Komponente minimalnog paketa usluga obuhvataju komponentu korišćenja infrastrukture (sa podkomponentama kapaciteta i habanja), komponentu obrade zahteva, komponentu regulisanja saobraćaja i komponentu napajanja električnom energijom.

Mali železnički sistem (*small railway system*) je železnički sistem koji se prema klasifikaciji CRSSI svrstava u kategoriju niskog ili srednjeg kapaciteta za primenu regulatornog okvira naknada za korišćenje infrastrukture. Karakterišu ga ograničeni kadrovski, finansijski i administrativni resursi, manji obim saobraćaja i nedovoljna iskorišćenost kapaciteta mreže.

Marginalni trošak (*marginal cost*) predstavlja promenu ukupnog troška nastalu kretanjem jednog dodatnog voza na železničkoj infrastrukturi. Prema Direktivi 2012/34/EU, marginalni trošak čini osnovu za utvrđivanje minimalne naknade za korišćenje infrastrukture.

Marža (*mark-up*) je dodatak na naknadu iznad nivoa direktnih troškova koji menadžer infrastrukture može uvesti radi pokrića ukupnih troškova, pod uslovom da je dokazano da dodatno opterećenje ne narušava ekonomsku održivost tržišnog segmenta na koji se primenjuje (čl. 32 Direktive 2012/34/EU).

Menadžer železničke infrastrukture (*infrastructure manager*) je javno preduzeće ili privredno društvo odgovorno za građenje, eksploataciju, održavanje i obnovu javne železničke infrastrukture na mreži.

Minimalni paket usluga (*minimum access package*) obuhvata skup usluga koje menadžer infrastrukture pruža železničkom prevozniku u zamenu za naknadu. Prema Prilogu II Direktive 2012/34/EU, minimalni paket usluga uključuje obradu zahteva za kapacitet, korišćenje dodeljene trase, korišćenje skretnica i čvorišta, regulisanje saobraćaja i pružanje informacija o kretanju voza.

Naknada (*track access charge*) je novčani iznos koji železnički prevoznik plaća menadžeru infrastrukture za korišćenje železničke infrastrukture ili usluga koje se na njoj pružaju. Predstavlja novčani ekvivalent za korišćenje dobra od opšteg interesa, u ovom slučaju javne železničke infrastrukture.

Nediskriminatornost (*non-discrimination*) je regulatorni princip prema kojem za isti kapacitet i istu uslugu mora biti utvrđena jednaka naknada za sve korisnike. Naknada ne sme favorizovati pojedine prevoznike ni stvarati neravnopravne uslove pristupa infrastrukturi (čl. 29 Direktive 2012/34/EU).

Normalizacija (*normalization*) je postupak transformacije vrednosti indikatora na zajedničku skalu radi omogućavanja njihovog agregiranja. U konstrukciji CRSSI primenjena je min-max normalizacija kojom se vrednosti indikatora svode na interval od 0 do 1.

Obaveza javnog prevoza (*Public Service Obligation*) je instrument za obezbeđivanje dostupnosti i kvaliteta usluga prevoza putnika od opšteg interesa, realizovan kroz ugovore o javnom prevozu između nadležnih tela i železničkih prevoznika.

Obim saobraćaja (*traffic volume*) je pokazatelj količine prevezene robe ili putnika na mreži u toku određenog vremenskog perioda. Izražava se u voznim kilometrima, putničkim kilometrima ili tonskim kilometrima.

Pokretač troškova (*cost driver*) je fizička, tehnička ili operativna veličina koja uzrokuje nastanak troška na infrastrukturi. U strukturi naknade pokretači troškova određuju izbor elemenata formule (masa voza kao pokretač habanja, zauzeće trase kao pokretač troškova kapaciteta).

Preglednost strukture naknade je strukturna karakteristika formule za obračun naknade koja označava stepen u kojem prevoznik može da identifikuje pokretače troškova pristupa infrastrukturi i proceni efekte svojih operativnih odluka na visinu naknade. Razlikuje se od regulatornog pojma transparentnosti.

Princip naplate (*charging principle*) je ekonomski princip na osnovu kojeg se izračunava naknada. Prema Direktivi 2012/34/EU to su princip marginalnih troškova, princip prosečnih troškova i princip marginalnih troškova sa maržom i eksternim troškovima.

Putnički kilometar (*passenger-kilometre*) je jedinica mere koja izražava prevoz jednog putnika na udaljenosti od jednog kilometra.

Raspodela troškova (*cost allocation*) predstavlja postupak raspodele troškova menadžera infrastrukture na pojedinačne korisnike ili kategorije korisnika prema definisanim kriterijumima. Način raspodele određuje koliko naknada odražava stvarne troškove koje pojedini korisnik uzrokuje korišćenjem infrastrukture.

Regulatorno telo (*regulatory body*) je nezavisna nacionalna institucija nadležna za nadzor nad primenom pravila o pristupu železničkoj infrastrukturi, uključujući kontrolu nediskriminatornosti naknada, rešavanje sporova između menadžera infrastrukture i železničkih prevoznika i praćenje uslova konkurencije na železničkom tržištu (čl. 55 Direktive 2012/34/EU).

Struktura naknade (*charging structure, charging scheme*) označava elemente zastupljene u proračunu naknade i relacije između njih, odnosno način na koji su ti elementi međusobno povezani u formuli za proračun naknade. Struktura određuje koliko je naknada transparentna, diferencirana i usklađena sa troškovima korišćenja infrastrukture.

Subvencija (*subsidy*) je oblik finansijske pomoći koju država daje ustanovama ili privrednim subjektima za određenu namenu, bez primanja protivnaknade.

Tonski kilometar (*tonne-kilometre*) je jedinica mere teretnog transporta koja izražava prevoz jedne tone neto tereta na udaljenosti od jednog kilometra.

Transparentnost (*transparency*), u oblasti naknada za korišćenje železničke infrastrukture, označava dostupnost i jasnoću informacija o troškovima koji se naplaćuju, uslovima pristupa i pravilima obračuna. Prema Direktivi 2012/34/EU podrazumeva formalnu dostupnost informacija u Izjavi o mreži, nediskriminatornost uslova pristupa i jednaku primenu pravila na sve prevoznike.

Trasa (*path*) je kapacitet železničke infrastrukture potreban za kretanje voza između dve tačke u određenom vremenskom intervalu. U operativnom smislu, trasa predstavlja plan saobraćanja voza između dva službena mesta u tačno određenom vremenu i pod utvrđenim tehničko-tehnološkim uslovima.

Varijabilni troškovi (*variable costs*) su troškovi koji se menjaju sa promenom obima saobraćaja. U železničkom transportu obuhvataju troškove održavanja infrastrukture nastale provozom vozova, troškove energije i troškove rada vezane za regulisanje saobraćaja.

Vertikalna separacija (*vertical separation*) je organizacioni princip razdvajanja upravljanja železničkom infrastrukturom od pružanja usluga prevoza. Prema Direktivi 91/440/EEC i Direktivi 2012/34/EU, razdvajanje je obavezno najmanje u pogledu računovodstva, a može biti sprovedeno i kao potpuno institucionalno razdvajanje na zasebna pravna lica.

Vozni kilometar (*train-kilometre*) je jedinica mere koja izražava kretanje jednog voza na udaljenosti od jednog kilometra, nezavisno od njegove mase. U strukturi naknade koristi se kao osnova za obračun komponente kapaciteta.

Zagušenje infrastrukture (*congestion*) označava stanje u kojem se tražnja za kapacitetom određenog dela infrastrukture ne može u potpunosti zadovoljiti tokom određenih perioda, čak ni nakon usklađivanja zahteva. Sa aspekta naknada, zagušenje predstavlja osnov za uvođenje posebne komponente naknade kojom se reguliše tražnja na preopterećenim deonicama.

Železnička mreža (*railway network*) je skup železničkih pruga, stanica, terminala i stabilnih železničkih postrojenja potrebnih za funkcionisanje železničkog sistema, uključujući vezne i sporedne koloseke sa elementima železničke infrastrukture.

Železnički prevoznik (*railway undertaking*) jeste privredno društvo ili drugo pravno lice registrovano za pružanje usluga železničkog prevoza robe ili putnika, kome se izdaje licenca uz obavezu obezbeđenja vuče. U praksi se koriste i termini operator i železničko preduzeće, ali u ovom radu dosledno se koristi termin železnički prevoznik.

Železnički sistem (*railway system*) obuhvata sve aktere i institucije koji učestvuju u funkcionisanju i regulisanju železničkog transporta, uključujući menadžere infrastrukture, železničke prevoznike, regulatorno telo, bezbednosno telo, nadležno ministarstvo i druga nacionalna i međunarodna tela.

BIOGRAFIJA AUTORA

Vladimir (Žarko) Malčić rođen je 13. juna 1988. godine u Rijeci (Hrvatska). Srednju elektrotehničku školu, smer energetika, završio je 2007. godine u Doboju sa odličnim uspehom. Osnovne akademske studije završio je 2011. godine na Saobraćajnom fakultetu Doboj Univerziteta u Istočnom Sarajevu, pod mentorstvom prof. dr Branislava Boškovića, na temu „Međunarodna konvencija o prevozu železnicom (COTIF) ”, sa prosečnom ocenom 8,77. Na istom fakultetu stekao je 2016. godine zvanje mastera, odbranom rada „Model naknada za korišćenje železničke infrastrukture kao mehanizam održivosti železničkih preduzeća na transportnom tržištu” pod mentorstvom prof. dr Ratka Đuričića, sa prosečnom ocenom 10,00. Doktorske akademske studije upisao je školske 2016/17. godine na Saobraćajnom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na studijskom programu Saobraćaj, gde je položio sve ispite sa prosečnom ocenom 9,37.

Karijeru je započeo na Saobraćajnom fakultetu Doboj u novembru 2012. godine kao asistent za grupu predmeta železničkog usmerenja. Od 2016. godine izabran je u zvanje višeg asistenta i angažovan u nastavi prvog i drugog ciklusa studija. Nastavu drži iz predmeta vezanih za železničku infrastrukturu, prevoz i bezbednost.

Objavio je više od 30 naučnih i stručnih radova, među kojima dva u časopisima sa SCI liste. Istraživanja su usmerena na naknade za korišćenje železničke infrastrukture, regulaciju železničkog tržišta, transport robe i putnika, kao i bezbednost železničkog saobraćaja.

Položio je stručni ispit iz oblasti železničkog saobraćaja i poseduje licencu savetnika za bezbednost u prevozu opasnih materija za drumski (ADR), železnički (RID) i unutrašnji plovni transport (ADN). Bio je član organizacionih odbora međunarodnog simpozijuma „Novi horizonti saobraćaja i komunikacija” (2013–2025).

Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: Vladimir MALČIĆ

Broj indeksa: DS16D017

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom:

**MODELIRANJE STRUKTURE NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE
INFRASTRUKTURE ZA MALE ŽELEZNIČKE MREŽE**

Naziv teme na engleskom jeziku:

**MODELING THE STRUCTURE OF TRACK ACCESS CHARGES FOR
SMALL RAILWAY NETWORKS**

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova;
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Beogradu, 2026. godine

Potpis autora



Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Vladimir MALČIĆ

Broj indeksa: DS16D017

Studijski program: Saobraćaj

Naslov rada: **MODELIRANJE STRUKTURE NAKNADA ZA KORIŠĆENJE
ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE ZA MALE ŽELEZNIČKE MREŽE**
**MODELING THE STRUCTURE OF TRACK ACCESS CHARGES FOR
SMALL RAILWAY NETWORKS**

Mentor: Prof. dr Branislav Bošković

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 2026. godine

Potpis autora



Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković” da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

MODELIRANJE STRUKTURE NAKNADA ZA KORIŠĆENJE

ŽELEZNIČKE INFRASTRUKTURE ZA MALE ŽELEZNIČKE MREŽE

Naziv teme na engleskom jeziku:

MODELING THE STRUCTURE OF TRACK ACCESS CHARGES FOR

SMALL RAILWAY NETWORKS

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
- 3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)**
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci. Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

U Beogradu, 2026. godine

Potpis autora



1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo - nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. **Autorstvo - nekomercijalno - bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo - nekomercijalno - deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo - bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo - deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.